

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-102359

(43)Date of publication of application : 02.04.2004

(51)Int.Cl.

G06T 7/20

G06T 3/00

G06T 7/00

(21)Application number : 2002-259311

(71)Applicant : ADVANCED TELECOMMUNICATION
RESEARCH INSTITUTE INTERNATIONAL

(22)Date of filing : 04.09.2002

(72)Inventor : MUKODA SHIGERU
KAMAIKE MIYUKI
KINOSHITA KEISUKE
CHIHARA KUNIHIRO

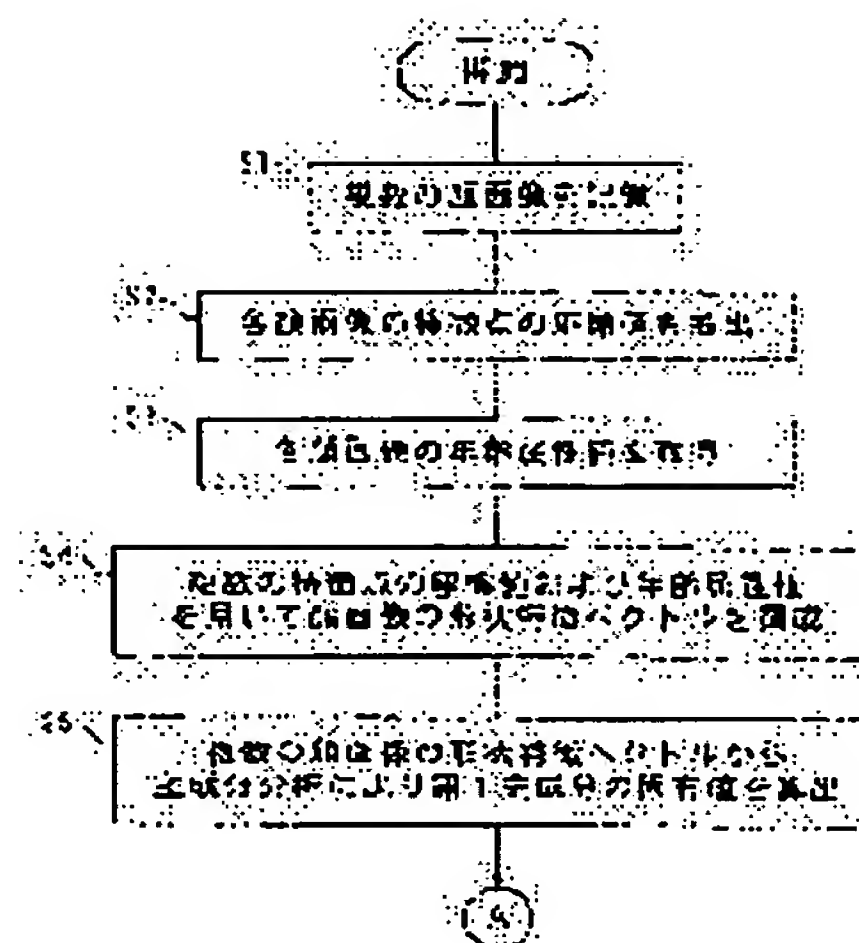
(54) IMAGE PROCESSING DEVICE, METHOD AND PROGRAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image processing device, method and program for extracting the characteristic of a specific attribute of an image without depending on subjectivity.

SOLUTION: A plurality of personal face images are stored.

Coordinate values of a plurality of characteristic points of each stored face image are extracted. An age attribute value of each face image is acquired. The shape characteristic vector F_i of each face image is configured by using the coordinate values of the plurality of characteristic points and the age attribute value acquired for each face image. A characteristic value σ_1 of a first main component is calculated by analyzing the main component on the basis of the shape characteristic vector F_i of the plurality of face images. A main component characteristic vector P_{max} , P_{min} of the first main component is configured by using a characteristic value σ_1 of the first main component. A face shape vector F_{max} , F_{min} of the first main component is configured by using the characteristic value σ_1 of the first main component. The face shape vector F_{max} , F_{min} of the first main component is reconfigured by using the characteristic value σ_1 of the first main component, and the age characteristic vector F representing the age attribute characteristic is extracted. The face image of the desired age is composed by using the age characteristic vector F .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.05.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

An image storage means to memorize two or more images,

A feature-extraction means to extract two or more gestalt-descriptions of each image memorized by said image storage means,

An attribute acquisition means to acquire the attribute of each different image from the gestalt-description,

A gestalt feature-vector configuration means to constitute the gestalt feature vector for every image which makes a variate the attribute of each image acquired by two or more gestalt-descriptions and said attribute acquisition means of each image extracted by said feature-extraction means,

The image processing system characterized by having a principal-component-analysis means to compute the 1st principal component by principal component analysis from the gestalt feature vector of two or more images constituted by said gestalt feature-vector configuration means.

[Claim 2]

A variability region decision means to determine the variability region of the 1st principal component using the characteristic value of the 1st principal component computed by said principal-component-analysis means,

The image processing system according to claim 1 characterized by having further an attribute feature-vector reconstruction means to reconfigure the attribute feature vector which shows the description of an attribute, using as a variate the variation of two or more of said gestalt-descriptions in the variability region of the 1st principal component determined by said variability region decision means.

[Claim 3]

The image processing system according to claim 2 characterized by having further an image composition means to compound other images with which said attributes differ from a specific image using the attribute feature vector obtained by said attribute feature-vector reconstruction means.

[Claim 4]

Said image composition means is an image processing system according to claim 3 characterized by compounding an image besides the above from the gestalt feature vector which constitutes the gestalt feature vector which makes a variate said two or more gestalt-descriptions of said specific image, corrects each variate of the gestalt feature vector based on the variate to which said attribute feature vector corresponds, and has the corrected variate.

[Claim 5]

Said two or more images are two or more face images,

Said attribute is an image processing system according to claim 1 to 4 characterized by being age, real age, sex, a race, an apparent expression, or an apparent bodily shape.

[Claim 6]

Said two or more gestalt-descriptions are image processing systems according to claim 1 to 5 characterized by including the coordinate value of two or more focus defined beforehand.

[Claim 7]

The step which memorizes two or more images,

The step which extracts two or more gestalt-descriptions of each of said memorized image,

The step which acquires the attribute of each different image from the gestalt-description,

The step which constitutes the gestalt feature vector for every image which makes a variate two or more gestalt-descriptions of each of said extracted image, and said acquired attribute of each image,

The image-processing approach characterized by having the step which computes the 1st principal component by principal component analysis from the gestalt feature vector of two or more of said constituted images.

[Claim 8]

It is the image-processing program in which computer reading is possible,

Processing which memorizes two or more images,

Processing which extracts two or more gestalt-descriptions of each of said memorized image,

Processing which acquires the attribute of each different image from the gestalt-description,

Processing which constitutes the gestalt feature vector for every image which makes a variate two or more gestalt-descriptions of each of said extracted image, and said acquired attribute of each image,

Processing which computes the 1st principal component by principal component analysis from the gestalt feature

vector of two or more of said constituted images,
The image-processing program characterized by performing said computer.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]**[0001]****[Field of the Invention]**

This invention relates to the image processing system, the image-processing approach, and image-processing program which extract the description of the predetermined attribute of an image.

[0002]**[Description of the Prior Art]**

In communication, the face has played the important role. Especially, various information, such as age, a race, sex, and expression, can be acquired from a face. Wording and an attitude are often experientially decided from a partner's age, and age can be said to be one of the important elements for communication.

[0003]

the difference of the average face of the approach of compounding a face image by using the characteristic part of the formation of a form status change for the face image composition technique operate age change of a face, as a deformation parameter from the frame model of secular change of a face, and a different generation who generated based on two or more face images — the approach of compounding a face image using information etc. be propose (for example, nonpatent literature 1 and nonpatent literature 2 reference). Since only the limited deformation parameter set up artificially is used by the approach using a deformation parameter from the frame model, it cannot declare that the description which influences secular change can be operated exactly. the difference of the average face of a generation different on the other hand — by the approach using information, in case each generation's average face is created, it is necessary to use a sufficient number of original face images the difference extracted when the number of original face images was not enough — the difference of the element of the individual description which not only an age element but an original face image has may be included in information.

[0004]**[Nonpatent literature 1]**

Masamichi Nakagawa, **** Toshihiko, *****, Fumio Maehara, Kunihiro Chihara, and "age change simulation of face image using frame model" (IEICE TRANSACTIONS A) Vol.J80-A, No.8, pp.1312-1315, Aug.1997

[Nonpatent literature 2]

D.A. Rowland, D.I.Perrett, and "Manipulating Facial Appearance through Shape and Color" IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.15, No.5, pp.70-76, Sep.1995

[0005]**[Problem(s) to be Solved by the Invention]**

In recent years, the age feature extraction using principal component analysis (Principal Component Analysis:PCA) is tried. PCA is the multivariate-analysis technique which is going to express the multi-dimension space (feature vector) constituted by two or more variates (variable) as a feature vector of the smallest possible number of dimension.

[0006]

Although face image composition using PCA is also performed, it is difficult to direct and extract the principal component about age or expression in the feature extraction of the conventional technique. When throwing in as data two or more face images with which age differs and analyzing them, it is fully considered that the result that the component which participates in age change was included in the principal component of a high order is obtained from the property of PCA. However, in order to acquire the principal component which involves to age change strongly from the obtained result, data were restored for every principal component and the method of choosing with subjectivity the principal component which will seemingly be reasonable has been taken. Therefore, the results obtained by those who choose a principal component will differ.

[0007]

The purpose of this invention is related with the image processing system, the image-processing approach, and image-processing program which can be extracted without depending the description of the predetermined attribute of an image on subjectivity.

[0008]**[The means for solving a technical problem and an effect of the invention]**

An image storage means by which the image processing system concerning the 1st invention memorizes two or more images, A feature-extraction means to extract two or more gestalt-descriptions of each image memorized by

the image storage means, A gestalt feature-vector configuration means to constitute the gestalt feature vector for every image which makes a variate the attribute of each image acquired by attribute acquisition means to acquire the attribute of each different image from the gestalt-description, and two or more gestalt-descriptions and attribute acquisition means of each image which were extracted by the feature-extraction means, It has a principal-component-analysis means to compute the 1st principal component by principal component analysis from the gestalt feature vector of two or more images constituted by the gestalt feature-vector configuration means.

[0009]

In the image processing system concerning this invention, two or more images are memorized by the image storage means, and two or more gestalt-descriptions of each memorized image are extracted by the feature-extraction means. Moreover, the attribute of each different image from the gestalt-description is acquired by the attribute acquisition means. The gestalt feature vector for every image which makes a variate two or more gestalt-descriptions of each extracted image and the acquired attribute of each image is constituted by the gestalt feature-vector configuration means. The 1st principal component is computed by principal component analysis with a principal-component-analysis means from the gestalt feature vector of two or more constituted images.

[0010]

Thus, the 1st obtained principal component is involving closely with the attribute applied to the gestalt feature vector as a variate. Therefore, it can extract certainly, without depending the predetermined description of an image on subjectivity based on the 1st principal component.

[0011]

In the configuration of the image processing system which the image processing system concerning the 2nd invention requires for the 1st invention A variability region decision means to determine the variability region of the 1st principal component using the characteristic value of the 1st principal component computed by the principal-component-analysis means, It is characterized by having further an attribute feature-vector reconstruction means to reconfigure the attribute feature vector which shows the description of an attribute, using as a variate the variation of two or more gestalt-descriptions in the variability region of the 1st principal component determined by the variability region decision means.

[0012]

In this case, the variability region of the 1st principal component is determined by the variability region decision means using the characteristic value of the 1st principal component computed by the principal-component-analysis means. Moreover, the attribute feature vector which shows the description of an attribute, using the variation of two or more gestalt-descriptions in the variability region of the 1st determined principal component as a variate is reconfigured by the attribute feature-vector reconstruction means.

[0013]

Thus, each variate of the obtained attribute feature vector shows the variation of each gestalt-description by change of an attribute. Therefore, the description of the attribute of an image can be extracted as variation of each gestalt-description.

[0014]

The image processing system concerning the 3rd invention is characterized by having further an image composition means to compound other images with which attributes differ from a specific image using the attribute feature vector obtained by the attribute feature-vector reconstruction means in the configuration of the image processing system concerning the 2nd invention.

[0015]

In this case, since each variate of an attribute feature vector shows the variation of each gestalt-description by change of the attribute of an image, other images with which attributes differ from a specific image using an attribute feature vector are compoundable.

[0016]

The image processing system concerning the 4th invention is characterized by compounding other images from the gestalt feature vector which it sets in the configuration of the image processing system concerning the 3rd invention, and an image composition means constitutes the gestalt feature vector which makes a variate two or more gestalt-descriptions of a specific image, corrects each variate of the gestalt feature vector based on the variate to which an attribute feature vector corresponds, and has the corrected variate.

[0017]

In this case, the gestalt feature vector which makes a variate two or more gestalt-descriptions of a specific image is constituted, and other images are compounded from the gestalt feature vector which each variate of that gestalt feature vector is corrected based on the variate to which an attribute feature vector corresponds, and has the corrected variate. Thus, other images with which attributes differ from a specific image using an attribute feature vector are compoundable.

[0018]

In the configuration of the image processing system which the image processing system concerning the 5th invention requires for the 1st - one of invention of the 4th, two or more images are two or more face images, and an attribute is characterized by being age, real age, sex, a race, an apparent expression, or an apparent bodily shape.

[0019]

When an attribute is apparent age, the 1st principal component obtained by principal component analysis is involving closely with apparent age by adding apparent age to a gestalt feature vector as a variate. Therefore, it can extract

certainly, without depending the description of the age of the appearance of a face image on subjectivity based on the 1st principal component. When an attribute is real age, the 1st principal component obtained by principal component analysis is involving closely with real age by adding real age to a gestalt feature vector as a variate. Therefore, it can extract certainly, without depending the description of the real age of a face image on subjectivity based on the 1st principal component. When an attribute is sex, the 1st principal component obtained by principal component analysis is involving closely with sex by adding sex to a gestalt feature vector as a variate. Therefore, it can extract certainly, without depending the description of the sex of a face image on subjectivity based on the 1st principal component. When an attribute is a race, the 1st principal component obtained by principal component analysis is involving closely with the race by adding a race to a gestalt feature vector as a variate. Therefore, it can extract certainly, without depending the description of the race of a face image on subjectivity based on the 1st principal component. When an attribute is expression, the 1st principal component obtained by principal component analysis is involving closely with expression by adding expression to a gestalt feature vector as a variate. Therefore, it can extract certainly, without depending the description of the expression of a face image on subjectivity based on the 1st principal component. When an attribute is a bodily shape, the 1st principal component obtained by principal component analysis is involving closely with a bodily shape by adding a bodily shape to a gestalt feature vector as a variate. Therefore, it can extract certainly, without depending the description of the bodily shape of a face image on subjectivity based on the 1st principal component.

[0020]

In the configuration of the image processing system which the image processing system concerning the 6th invention requires for the 1st - one of invention of the 5th, two or more gestalt-descriptions are characterized by including the coordinate value of two or more focus defined beforehand.

[0021]

In this case, two or more gestalt-descriptions are expressed by the coordinate value of two or more focus. Therefore, it can extract certainly, without the 1st principal component twisting the description of the attribute in the configuration of an image to subjectivity.

[0022]

The step the image-processing approach concerning the 7th invention remembers two or more images to be, The step which extracts two or more gestalt-descriptions of each memorized image, and the step which acquires the attribute of each different image from the gestalt-description. It has the step which constitutes the gestalt feature vector for every image which makes a variate two or more gestalt-descriptions of each extracted image, and the acquired attribute of each image, and the step which computes the 1st principal component by principal component analysis from the gestalt feature vector of two or more constituted images.

[0023]

In the image-processing approach concerning this invention, two or more images are memorized and two or more gestalt-descriptions of each memorized image are extracted. Moreover, the attribute of each different image from the gestalt-description is acquired. The gestalt feature vector for every image which makes a variate two or more gestalt-descriptions of each extracted image and the acquired attribute of each image is constituted. The 1st principal component is computed by principal component analysis from the gestalt feature vector of two or more constituted images.

[0024]

Thus, the 1st obtained principal component is involving closely with the attribute applied to the gestalt feature vector as a variate. Therefore, it can extract certainly, without depending the predetermined description of an image on subjectivity based on the 1st principal component.

[0025]

The processing which the image-processing program concerning the 8th invention is an image-processing program in which computer reading is possible, is the image-processing program in which computer reading is possible, and memorizes two or more images, The processing which extracts two or more gestalt-descriptions of each memorized image, and the processing which acquires the attribute of each different image from the gestalt-description, The processing which constitutes the gestalt feature vector for every image which makes a variate two or more gestalt-descriptions of each extracted image, and the acquired attribute of each image, A computer is made to perform processing which computes the 1st principal component by principal component analysis from the gestalt feature vector of two or more constituted images.

[0026]

According to the image-processing program concerning this invention, two or more images are memorized and two or more gestalt-descriptions of each memorized image are extracted. Moreover, the attribute of each different image from the gestalt-description is acquired. The gestalt feature vector for every image which makes a variate two or more gestalt-descriptions of each extracted image and the acquired attribute of each image is constituted. The 1st principal component is computed by principal component analysis from the gestalt feature vector of two or more constituted images.

[0027]

Thus, the 1st obtained principal component is involving closely with the attribute applied to the gestalt feature vector as a variate. Therefore, it can extract certainly, without depending the predetermined description of an image on subjectivity based on the 1st principal component.

[0028]

[Embodiment of the Invention]

Hereafter, the concept of the image-processing approach in the gestalt of 1 operation of this invention is explained. Here, an image is an individual face image, it is the two-dimensional coordinate of the L focus (x y) from which two or more gestalt-descriptions constitute the shape facility of face parts (face components), such as an eye and opening, and the case where an attribute is age is explained. Here, L is two or more integers and an x-coordinate [in / in x / a face image] and y are the y-coordinates in a face image.

[0029]

With the gestalt of this operation, first, as a feature vector (shape facility vector) showing an individual face image, what applied weight to the known attribute value (age attribute value) which affect it with the age description strongly be add as a variate a, and although there be no direct relation not only to the two-dimensional coordinate of the L focus (x y) but an image, as show below, dimension compression by principal component analysis (PCA) be perform.

[0030]

Specifically, the following procedures perform. The shape facility vector of an individual face image is expressed like a degree type as a $2L+1$ dimension vector F_i ($i= 1, 2, \dots, M$). M is the number of the individual face images used for PCA.

[0031]

$$F_i = (x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, \dots, [x_L, y_L, a])^T \quad (1)$$

In an upper type (1), T shows transposition. Average FAV is lengthened from each element (variate) so that the average value of the shape facility vector of all face images may be arranged at the core of shape facility vector space.

[0032]

$$\Delta F_i = F_i - FAV \quad (2)$$

Next, a degree type (3) newly defines the face feature space G using an upper type (2).

[0033]

$$G = [\Delta F_1, \Delta F_2, \dots, \Delta F_M] \quad (3)$$

And it asks for the covariance matrix S of the face feature space G by the degree type (4).

[0034]

$$S = GG^T \quad (4)$$

By performing a singular value decomposition by the degree type (5) to the covariance matrix S called for from the upper type (4), it can ask for each characteristic vector as a principal component of the face feature space G.

[0035]

$$S = UDU^T \quad (5)$$

U is a unitary matrix and each train serves as a characteristic vector. That is, the principal component score of the 3rd principal component [in / in the principal component score of the 2nd principal component / in / in a list and the 2nd train / in the principal component score of the 1st principal component / in / in the 1st train of unitary-matrix U / the 1st - the Mth face image / the 1st - the Mth face image / the 1st - the Mth face image] is located in a line with a list and the 3rd train in order in order at order. Similarly, the principal component score of the $2L+1$ principal component in the 1st - the Mth face image is located in a line with the Mth train of unitary-matrix U. D is a diagonal matrix and a diagonal element is the characteristic value of each principal component. That is, the diagonal element of a diagonal matrix D is characteristic value $\lambda_1 - \lambda_{2L+1}$ of the 1st principal component - a $2L+1$ principal component.

[0036]

It is strongly influenced of the component (age) added as attribute value, and the value of a principal component score of the 1st principal component becomes what reflected age attribute value strongly so that the 1st principal component obtained here may be mentioned later.

[0037]

Here, set standard deviation of the 1st principal component to σ_1 , and let the 3 times be the variability region of a shape facility. Since the characteristic value of a principal component is distribution of a principal component, standard deviation σ_1 of the 1st principal component becomes like [characteristic value / λ_1 / of the 1st principal component] a degree type (6).

[0038]

$$\sigma_1^2 = \lambda_1 \quad (6)$$

Let the 3 times as many range of standard deviation σ_1 of the 1st principal component as this, i.e., the range of $-(3/2)\sigma_1$ to $+(3/2)\sigma_1$, be a face form-like (shape facility) variability region. 90% or more of all face images belongs to this variability region. + Set to Pmax the principal component feature vector which considers $3/2\sigma_1$ as the principal component score of the 1st principal component, and sets the principal component score of other principal components to 0. Moreover, the principal component feature vector which considers $-(3/2)\sigma_1$ as the principal component score of the 1st principal component, and sets the principal component score of other principal components to 0 is set to Pmin. Principal component feature-vector Pmax corresponds to the oldest (or youngest) face image in the average face image called for from M face images, and principal component feature-vector Pmin corresponds to the youngest (or oldest) face image in the average face image called for with M face images.

[0039]

$$P_{\max} = (+(3/2)\sigma_1, \text{ and } [0, 0, \dots, 0])^T \quad (7)$$

$P_{min}=(-(3/2) \sigma_1, \text{ and } [0, 0, \dots, 0])^T \text{ --- (8)}$

The face form-like vectors F_{max} and F_{min} are reconfigured from principal component feature-vector P_{max} of an upper type (7) and (8), and P_{min} . The face form-like vector F_{max} expresses the oldest (or youngest) average face image, and the face form-like vector F_{min} expresses the youngest (or oldest) average face image. And the difference of the face form-like vector F_{max} and the face form-like vector F_{min} is extracted as feature-vector (age feature vector) F showing the age description like a degree type.

[0040]

$F=F_{max}-F_{min} \text{ --- (9)}$

However, since attribute value is unnecessary to age feature-vector F , age feature-vector F is taken as the 2L dimension vector which deleted age attribute value at it.

[0041]

$F=[x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_{2L}, y_{2L}]^T \text{ --- (10)}$

Age feature-vector F of an upper type (10) expresses the movement magnitude of each focus between the oldest average face image and the youngest average face image. For example, a variate x_1 expresses the movement magnitude of the x-coordinate of the 1st focus, and a variate y_1 expresses the movement magnitude of the y-coordinate of the 1st focus.

[0042]

The face image of the age when the individuals differ from a specific individual's original face image as follows using age feature-vector F of an upper type (10) is compoundable.

[0043]

First, the shape facility vector F_I of a specific individual's original face image is constituted like a degree type.

[0044]

$F_I=[x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_{2L}, y_{2L}]^T \text{ --- (11)}$

The variates x_1 and y_1 of an upper type (11), x_2, y_2, \dots, x_{2L} , and y_{2L} are the x-coordinates and y-coordinates of the L focus of an original face image.

[0045]

Next, the multiplication of the synthetic rate b is carried out to each variates x_1 and y_1 of age feature-vector F of an upper type (10), x_2, y_2, \dots, x_{2L} , and y_{2L} , and correction vector F' of a degree type is computed.

[0046]

$F'=[bx_1, by_1, bx_2, by_2, \dots, bx_{2L}, by_{2L}]^T \text{ --- (12)}$

Correction vector F' of a top type (12) is added or subtracted like a degree type to the shape facility vector F_I of an upper-type (11) original face image, and the shape facility vector F_S which mapped the age description is created.

[0047]

$F_S=F_I**F' \text{ --- (13)}$

The face image with which age differs to an original face image is compoundable by reconfiguring a face image from the shape facility vector F_S of an upper type (13). In this case, it becomes possible by setting the value of the synthetic rate b in an upper type (12) as arbitration to compound the face image of the age of arbitration.

[0048]

Next, the configuration of the image processing system for performing the image-processing approach of the gestalt this operation using drawing 1 is explained. Drawing 1 is the block diagram showing the configuration of the image processing system for enforcing the image-processing approach of the gestalt this operation.

[0049]

An image processing system 50 includes CPU (arithmetic and program control)501, ROM (read-only memory)502, RAM (random access memory)503, an input unit 504, a display 505, external storage 506, the record-medium driving gear 507, and an airline printer 508.

[0050]

An input device 504 consists of a keyboard, a mouse, a scanner, a digital camera, etc., and it is used in order to input various commands, data, and an image. A system program is memorized by ROM502. The record-medium driving gear 507 consists of a CD-ROM drive, a floppy disk drive, etc., and write data to the record media 509, such as CD-ROM and a floppy disk. [reading and] The image-processing program is memorized by the record medium 509. External storage 506 consists of a hard disk drive unit etc., and the image-processing program and the various data which were read from the record medium 509 through the record-medium driving gear 507 are memorized. CPU501 performs the image-processing program memorized by external storage 506 on RAM503.

[0051]

A display 505 consists of a liquid crystal display panel, CRT (cathode-ray tube), etc., and displays various images etc. An airline printer 508 prints various images etc.

[0052]

In addition, various record media, such as semiconductor memory, such as ROM, and a hard disk, can be used as a record medium 509 which records an image-processing program. Moreover, an image-processing program may be downloaded to external storage 506 through communication media, such as a communication line, and you may perform on RAM503.

[0053]

With the gestalt of this operation, external storage 506 is equivalent to an image storage means, and CPU501 is equivalent to a feature-extraction means, an attribute acquisition means, a gestalt feature-vector configuration

means, a principal-component-analysis means, a variability region decision means, an attribute feature-vector reconstruction means, and an image composition means.

[0054]

Drawing 2 is a flow chart which shows processing of the image-processing program performed in the image processing system of drawing 1. Here, the example of the approach of compounding the face image of other age of the individual from the original face image of the individual of a certain age is shown.

[0055]

First, CPU501 is memorized to external storage 506 by making into image data two or more individuals' face image inputted by the input device 504 (step S1). In this case, the image data of two or more individuals' face image beforehand memorized by the database may be used.

[0056]

Next, CPU501 extracts the coordinate value of two or more focus of each face image based on the image data memorized by external storage 506 (step S2). With the gestalt of this operation, the x-coordinate and y-coordinate of each focus are extracted.

[0057]

Next, CPU501 acquires the age attribute value of each face image (step S3). The age attribute value which could input with the input device 504 for every face image, or was beforehand memorized by the database for every face image may be used for age attribute value. With the gestalt of this operation, the age of the appearance obtained by the age consciousness experiment mentioned later is used as age attribute value.

[0058]

Furthermore, CPU501 constitutes the shape facility vector F_i (refer to formula (1)) of each face image using two or more coordinate values and age attribute value of the focus which were extracted for every face image (step S4).

[0059]

Subsequently, CPU501 computes characteristic value σ_1 of the 1st principal component by principal component analysis according to formula (2) - (6) from the shape facility vector F_i of two or more face images (step S5).

Moreover, CPU501 constitutes principal component feature-vector P_{\max} of the 1st principal component of a formula (7), and P_{\min} using characteristic value σ_1 of the 1st principal component (step S6).

[0060]

Next, CPU501 reconfigurates the face form-like vectors F_{\max} and F_{\min} of the 1st principal component of a formula (7) using characteristic value σ_1 of the 1st principal component (step S7), and age feature-vector F showing the age description of a formula (8) is extracted (step S8).

[0061]

Subsequently, CPU501 compounds the face image of desired age from a specific individual's original face image using age feature-vector F (step S9).

[0062]

Thus, by performing an image-processing program in an image processing system, the description of the shape of a face form which relates to the age description closely using two or more individuals' face image can be extracted as age feature-vector F , and the face image of desired age can be compounded from a specific individual's original face image using the description of the shape of a face form extracted further.

[0063]

As mentioned above, since a strange face image is compoundable with the image processing system, the image-processing approach, and image-processing program of a gestalt of this operation, they can be used for a criminal investigation etc.

[0064]

In addition, although the coordinate value of two or more focus which expresses the face form-like description as a gestalt-description of an image is used with the gestalt of the above-mentioned implementation, textures (*****), such as a tint of the skin, a stain, and a wrinkling, can also be used as a gestalt-description of an image. Moreover, the consciousness of age may take into consideration not only the configuration inside a face but a hairstyle etc.

[0065]

Furthermore, with the gestalt of the above-mentioned implementation, although apparent age is used as an attribute, real age may be used instead of apparent age as an attribute. Moreover, other attributes, such as expression, a race, sex, and a bodily shape, may be used as an attribute.

[0066]

When an attribute is real age, by applying the image-processing approach of the gestalt the above-mentioned implementation, the description of the shape of a face form which relates to the description of real age closely using two or more individuals' face image can be extracted, and the face image with which real age differs from a specific individual's original face image using the description of the shape of a face form extracted further can be compounded.

[0067]

When an attribute is expression, by expressing expression, such as joy, anger, humor and pathos, with a value different, respectively, and applying the image-processing approach of the gestalt the above-mentioned implementation, the description of the shape of a face form which relates to the description of expression closely using two or more individuals' face image can be extracted, and the face image with which expression differs from a specific individual's original face image using the description of the shape of a face form extracted further can be

compounded.

[0068]

By expressing two or more different races with a value different, respectively, and applying the image-processing approach of the gestalt the above-mentioned implementation, when an attribute is a race, the description of the shape of a face form which relates to the racial description closely using two or more individuals' face image can be extracted, and the face image with which races differ from a specific individual's original face image using the description of the shape of a face form extracted further can compound.

[0069]

When an attribute is sex, by expressing man and woman's sex with a different value, and applying the image-processing approach of the gestalt the above-mentioned implementation, the description of the shape of a face form which relates to the description of sex closely using two or more individuals' face image can be extracted, and the face image with which sex differs from a specific individual's original face image using the description of the shape of a face form extracted further can be compounded.

[0070]

By expressing a different bodily shape with a different value, and applying the image-processing approach of the gestalt the above-mentioned implementation, when an attribute is a bodily shape, the description of the shape of a face form which relates to the description of a bodily shape closely using two or more individuals' face image can be extracted, and the face image with which bodily shape differs from a specific individual's original face image using the description of the shape of a face form extracted further can be compounded.

[0071]

Moreover, although the gestalt of the above-mentioned implementation explained the case where an image was an individual face image, it is not limited to this. For example, an image may be an image of an animal.

[0072]

[Example]

1. Preliminary Experiment

What is necessary is just to use real age as attribute value given to the variate of PCA, when considering the shape facility in connection with secular change of an individual face. However, it is experientially clear that a stain, the texture of a wrinkling and the skin, etc. change with a configuration in secular change of a face. This example examined the description of the configuration of not the shape facility of a face that changes with secular change but apparent age, i.e., the face which looks young, and the face which becomes old and is visible. And since it was inadequate as attribute value of apparent age to have given real age, in order to calculate the attribute value of apparent age, the age consciousness experiment (age consultation experiment) was conducted.

[0073]

1-1. Procedure

142 Japanese man and woman's each amimia, the transverse-plane sense, and real age used the face image in the second half of the 10th generation to the second half of the 30th generation for the experiment stimulus in an age consciousness experiment from the expression face image database of ATR (Advanced Telecommunications Research Institute, Inc.). Moreover, the face image was a 512x512-pixel color picture, and the face was the magnitude which enters within the limit enough. The test subject was a college student's (18 years old - 22 years old) 25 men and 22 women.

[0074]

The experiment was conducted in the following procedure. The test subject presumed the age of the face image displayed on a monitor, and he was called for so that the category which is most suitable in the age consultation category shown in Table 1 might be chosen.

[0075]

[Table 1]

カテゴリ	年齢
0	～ 1 5 才
1	1 5 ～ 2 0 才
2	2 0 ～ 2 5 才
3	2 5 ～ 3 0 才
4	3 0 ～ 3 5 才
5	3 5 ～ 4 0 才
6	4 0 ～ 4 5 才
7	4 5 才～

[0076]

As shown in Table 1, age was classified into eight categories and the consultation value of 0-7 was given to those categories at the young order of age.

[0077]

1-2. Result

It asked for an average and standard deviation of a consultation value for every face image. Drawing 4 is drawing which rearranged the average of criticism stationing for every face image into descending order, and plotted it. The axis of abscissa of drawing 4 shows 142 persons' face image, and an axis of ordinate shows the average of the consultation value of each face image. The trigonum mark and a round mark express the average of the consultation value of the face image of a male and a woman, respectively.

[0078]

It asked for the average for every sex of a face image from the standard deviation obtained from each face image. The average of standard deviation was 0.89 in 0.85 and a female face image by the male face image. That is, it means that age was presumed to be also man and woman's face with the error of about **5 years old.

[0079]

In addition, since face images differ with man and woman and it is unrelated between face images, there is no semantics in the comparison between face images.

[0080]

2. Age Feature-Extraction Experiment

Next, the face age feature-extraction experiment was conducted using the age attribute value of the appearance obtained by the above-mentioned age consciousness experiment. The shape facility extracted was compared by the case (it is hereafter called attribute value addition conditions) where apparent age attribute value is added to face information, and the case (it is hereafter called attribute-value-less conditions) where apparent age attribute value is not added to face information.

[0081]

2-1. Procedure

In the shape facility of a face image The face image composition system of ATR ((FUTON)) [Miyuki Kamaike, Mukoda **, Yoshikawa Hidari / Noriko /, Kato **, Oda / Masaomi /, red Matsushige, and "face image composition system-FUTON System/ for the mental experiment about a face and expression cognition /-" **** technique HIP 97-39, pp.73-80,] [Jan.1998] And the coordinate value of the 83 default focus of Mukoda **, Kamaike [Miyuki], red Matsushige, and "evaluation of the manual sampling in face image composition system (FUTON system)" **** technique, HIP 99-49, pp.13-18, and Nov.1999 reference was used. Drawing 5 is drawing showing the focus used as a variate of a face feature vector. In drawing 5, a black dot shows the focus of 83 points, and in order to identify each focus, the sign is attached.

[0082]

As a face image, man and woman's face image of 142 sheets each used by preliminary experiment was used. However, it normalized so that a face width (die length between the focus FI [Fr3 and] 3) might become 230 pixels, and so that the straight line which connects the pupil of both eyes might become level.

[0083]

In each of attribute-value-less conditions and attribute value addition conditions, dimension compression by PCA was performed for every face image of man and woman.

- Attribute-value-less conditions

On the attribute-value-less conditions of the conventional technique, only the coordinate value of the focus of 83 points was used as face information (variate of a shape facility vector). The face image of one sheet was expressed as a 166-dimensional shape facility vector FN.

[0084]

$FN=(x1, y1, x2, y2, x3 \text{ and } y3, \text{---}, x83, y83) T$

- Attribute value addition conditions

On attribute value addition conditions, the value which doubled the average of the consultation value of each face image which was obtained by preliminary experiment as face information in addition to (the variate of a shape facility vector) and the coordinate value of the focus of 83 points 100 was used as apparent age attribute value a. And the face image of one sheet was expressed as a 167-dimensional shape facility vector FA.

[0085]

$FA=(x1, y1, x2, y2, x3 \text{ and } y3, \text{---}, x83, y83, a) T$

From the characteristic value for every obtained principal component, the variation of the principal component was determined and the difference was visually compared after reconfiguring a shape facility vector for every principal component.

[0086]

2-3. Result

About each man and woman's face image, the principal component score in each principal component obtained from attribute-value-less conditions and attribute value addition conditions was analyzed. If the principal component was involving to age change strongly, when a face image is arranged in order of age, the principal component score of each face image on a principal component should be located in a line with ascending order or descending order.

Then, the principal component score from the 1st principal component to the 3rd principal component was plotted among the principal components obtained with the monograph affair in man and woman's face image.

[0087]

Drawing showing the principal component score of a high order principal component when drawing 6 (a) was obtained on attribute-value-less conditions in the male face image, and drawing 6 (b) are drawings showing the principal component score of the high order principal component obtained on attribute-value-less conditions in the female face image. Moreover, drawing showing the principal component score of a high order principal component when drawing 7 (a) was obtained on attribute value addition conditions in the male face image, and drawing 7 (b) are drawings showing the principal component score of the high order principal component obtained on attribute value addition conditions in the female face image. The axis of abscissa of drawing 6 and drawing 7 shows the face image arranged in the high order of apparent age (consultation value), and an axis of ordinate shows a principal component score (PC score). The square mark shows the principal component score of the 1st principal component, a round mark shows the principal component score of the 2nd principal component, and the trigonum mark shows the principal component score of the 3rd principal component.

[0088]

As shown in drawing 6 (a) and (b), on attribute-value-less conditions, the principal component to which the principal component score of the face image compared also with the male face image and the female face image in order of age is mostly located in a line with ascending order or descending order was not able to be found.

[0089]

As shown in drawing 7 (a) and (b), it was shown on attribute value addition conditions by the form where the principal component score of the 1st principal component was mostly located in a line also with the male face image and the female face image in order.

[0090]

These results showed that the 1st principal component obtained on attribute value addition conditions was closely related to the description which affects the age of the appearance of a face image.

[0091]

Next, in order to check visually with what kind of form status change-ization each principal component is concerned, the coordinate of the focus of face parts was reconfigured using the variability region obtained from the characteristic value of the principal component to check, respectively. As shown below, the effect of the shape of a face form on the principal component in attribute value addition conditions was investigated.

[0092]

Drawing 8 , drawing 9 , drawing 10 , and drawing 11 are drawings showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 1st principal component obtained on attribute value addition conditions in the male face image, the 2nd principal component, the 3rd principal component, and the 4th principal component. Moreover, drawing 12 , drawing 13 , drawing 14 , and drawing 15 are drawings showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 1st principal component obtained on attribute value addition conditions in the female face image, the 2nd principal component, the 3rd principal component, and the 4th principal component. In drawing 8 - drawing 11 , (a) and (b) show the shape of a face form with apparent going too far age.

[0093]

The shape of a face form of two sheets of each principal component was compared from the reconfigured face image. When it mentions as a subjective impression how it is related to change of the description with each geometrical principal component, about it, it is as follows. With the 1st principal component obtained on attribute value addition conditions about the male face image, as for change and an outside, the inside of eyebrows changes to the reverse sense up and down with the inside. A nose and opening change up and down, narrow a little, spread, a jaw becomes a little large, or the width of face of opening becomes small. With the 2nd principal component, the outside of eyebrows changes horizontally (the magnitude of eyebrows changes), and spacing of both eyes also becomes a little large, it becomes [a frame carries out enlarging or contracting, and] narrow, and a nose, opening, and a jaw change up and down a lot. With the 3rd principal component, the inside of eyebrows changes up and down and an outside changes horizontally a little. A nose and opening change up and down a lot, it is somewhat small and a jaw changes to the form [like] which **** stretched a little squarely, and the form where it sharpened. With the 4th principal component, the magnitude of a frame changes rapidly and the inside of eyebrows changes up and down a lot. And the left-hand side of a nose and opening changes horizontally a little, and the left-hand side of a jaw changes very only.

[0094]

On the other hand, on attribute-value-less conditions, the 1st principal component showed the almost same change as the 2nd principal component of attribute value addition conditions, and the 2nd principal component showed the almost same change as the 3rd principal component of attribute value addition conditions on them. The same was said of subsequent principal components.

[0095]

With the 1st principal component obtained on attribute value addition conditions about the female face image, it changes up and down, and width of face becomes large or opening becomes narrow. And a jaw becomes a little large or becomes small. It was the same as that of the 2nd principal component obtained on attribute value addition conditions about the male face image in the 2nd principal component almost. With the 3rd principal component, a frame carries out enlarging or contracting, the inside of eyebrows changes up and down a little, and a nose and

opening change horizontally [on the left-hand side] a little, it is somewhat small and a jaw becomes the form [like] which **** stretched a little, and the form where it sharpened. With the 4th principal component, a face profile, a nose, and opening change on the right-hand side a little. And breadth changes about a face profile.
[0096]

On the other hand, like the male face image, on attribute-value-less conditions, the 1st principal component showed the almost same change as the 2nd principal component of attribute value addition conditions, and the 2nd principal component showed the almost same change as the 3rd principal component of attribute value addition conditions on them. The same was said of subsequent principal components.
[0097]

2-3. Consideration

If it sees from distribution of the principal component score in each principal component, since the principal component score had not become ascending order or descending order at all when a face image was arranged in order of apparent age, henceforth [the 2nd principal component of attribute-value-less conditions and attribute value addition conditions], it cannot be said that these principal components are closely related to the description which affects apparent age. When a face image is arranged in order of apparent age with the 1st principal component of attribute value addition conditions on the other hand, From that the principal component score was mostly located in a line also with man and woman's face image in order, and the distribution of data (consultation value) and the distribution of the data (principal component score) of the 1st principal component which were further acquired in the age consciousness experiment (age consultation experiment) showing the well alike distribution It can be said that the 1st principal component obtained on attribute value addition conditions is closely related to the shape facility which affects apparent age.
[0098]

Changing the value of a principal component score of each principal component, the 1st principal component of attribute value addition conditions seems to suit aging change of the adolescence by anatomical knowledge mostly also about change of the coordinate of the focus which the focus coordinate of face parts was made to reconfigure.
[0099]

By applying the attribute value of the apparent age of being unrelated to the configuration of not only the coordinate value of the focus which is the configuration information on a face but a direct face image, by the image-processing approach concerning this invention, and performing PCA Since also qualitatively appropriate deformation was observable in the shape of that the principal component score of the 1st principal component shows relation with age change also quantitatively, and a face form reconfigured from the 1st principal component, it is shown that the shape facility which is closely related to apparent age can be obtained.
[0100]

3-1. Mapping to Individual Face Image

The age description of the appearance obtained by age feature-extraction experiment was mapped to the individual face image.
[0101]

Drawing 16 - drawing 19 are drawings showing the result of having compounded the face image with which age differs by mapping an age shape facility in four persons' original face image. In each drawing, centers are an original face image, the face image compounded so that left-hand side might look young, and the image compounded so that right-hand side could become old and be seen among the face images of three sheets. Each synthetic rate was made into **50% of the variation of the 1st principal component of the attribute value addition conditions of an age feature-extraction experiment.
[0102]

The composite procedure is as follows. The focus of 83 points used by FUTON is acquired from an individual original face image, and let the shape facility vector FI of an original face image be the 166-dimensional vector FI using the coordinate value of the focus.

$$FI=(x1, y1, x2, x3, \dots, x166, y166) T \quad (11)$$

Correction vector F' which multiplied each element of the shape facility vector FI of an original face image and apparent age feature-vector F by the synthetic rate 0.5 was added or subtracted, and the face form-like vector FS which mapped the age description was created.
[0103]

$$F'=(0.5x1, 0.5y1, 0.5x2, \text{ and } 0.5y2 \dots, 0.5x83, 0.5y83) T \quad (12)$$

$$FS=FI**F' \quad (13)$$

And the shape of a face form performed configuration morphing (face composition technique) which changes from FI to FS by FUTON.
[0104]

Here, since the age description of the extracted appearance was only a configuration, it became face form-like composition. a synthetic result -- "the person of an original face image is seen youthfully -- if it becomes -- such sensibility" -- "it became the face image of the impression such sensibility" if it becomes seen by becoming old.
[0105]

As mentioned above, in the above-mentioned example, it was shown by by applying the attribute value of the age of

appearance without the direct relation to an image to the shape facility vector of a face image as a variate, and performing PCA that it is possible to extract the shape facility which participates in an apparent age change closely.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the configuration of the image processing system for enforcing the image-processing approach in the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 2] It is the flow chart which shows processing of the image-processing program performed in the image processing system of drawing 1.

[Drawing 3] It is the flow chart which shows processing of the image-processing program performed in the image processing system of drawing 1.

[Drawing 4] It is drawing which rearranged the average of criticism stationing for every face image into descending order, and plotted it.

[Drawing 5] It is drawing showing the focus used as a variate of a shape facility vector.

[Drawing 6] It is drawing showing the principal component score of the high order principal component obtained on attribute-value-less conditions in the face image of a male and a woman.

[Drawing 7] It is drawing showing the principal component score of the high order principal component obtained on attribute value addition conditions in the face image of a male and a woman.

[Drawing 8] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 1st principal component obtained on attribute addition conditions in the male face image.

[Drawing 9] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 2nd principal component obtained on attribute addition conditions in the male face image.

[Drawing 10] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 3rd principal component obtained on attribute addition conditions in the male face image.

[Drawing 11] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 4th principal component obtained on attribute addition conditions in the male face image.

[Drawing 12] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 1st principal component obtained on attribute addition conditions in the female face image.

[Drawing 13] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 2nd principal component obtained on attribute addition conditions in the female face image.

[Drawing 14] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 3rd principal component obtained on attribute addition conditions in the female face image.

[Drawing 15] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 4th principal component obtained on attribute addition conditions in the female face image.

[Drawing 16] It is drawing showing the result of having compounded the face image with which age differs by mapping an age shape facility in an original face image.

[Drawing 17] It is drawing showing the result of having compounded the face image with which age differs by mapping an age shape facility in an original face image.

[Drawing 18] It is drawing showing the result of having compounded the face image with which age differs by mapping an age shape facility in an original face image.

[Drawing 19] It is drawing showing the result of having compounded the face image with which age differs by mapping an age shape facility in an original face image.

[Description of Notations]

50 Image Processing System

501 CPU

502 ROM

503 RAM

504 Input Unit

505 Display

506 External Storage

507 Record-Medium Driving Gear

508 Airline Printer

509 Record Medium

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the configuration of the image processing system for enforcing the image-processing approach in the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 2] It is the flow chart which shows processing of the image-processing program performed in the image processing system of drawing 1 .

[Drawing 3] It is the flow chart which shows processing of the image-processing program performed in the image processing system of drawing 1 .

[Drawing 4] It is drawing which rearranged the average of criticism stationing for every face image into descending order, and plotted it.

[Drawing 5] It is drawing showing the focus used as a variate of a shape facility vector.

[Drawing 6] It is drawing showing the principal component score of the high order principal component obtained on attribute-value-less conditions in the face image of a male and a woman.

[Drawing 7] It is drawing showing the principal component score of the high order principal component obtained on attribute value addition conditions in the face image of a male and a woman.

[Drawing 8] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 1st principal component obtained on attribute addition conditions in the male face image.

[Drawing 9] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 2nd principal component obtained on attribute addition conditions in the male face image.

[Drawing 10] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 3rd principal component obtained on attribute addition conditions in the male face image.

[Drawing 11] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 4th principal component obtained on attribute addition conditions in the male face image.

[Drawing 12] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 1st principal component obtained on attribute addition conditions in the female face image.

[Drawing 13] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 2nd principal component obtained on attribute addition conditions in the female face image.

[Drawing 14] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 3rd principal component obtained on attribute addition conditions in the female face image.

[Drawing 15] It is drawing showing the shape of a face form reconfigured using respectively the 4th principal component obtained on attribute addition conditions in the female face image.

[Drawing 16] It is drawing showing the result of having compounded the face image with which age differs by mapping an age shape facility in an original face image.

[Drawing 17] It is drawing showing the result of having compounded the face image with which age differs by mapping an age shape facility in an original face image.

[Drawing 18] It is drawing showing the result of having compounded the face image with which age differs by mapping an age shape facility in an original face image.

[Drawing 19] It is drawing showing the result of having compounded the face image with which age differs by mapping an age shape facility in an original face image.

[Description of Notations]

50 Image Processing System

501 CPU

502 ROM

503 RAM

504 Input Unit

505 Display

506 External Storage

507 Record-Medium Driving Gear

508 Airline Printer

509 Record Medium

[Translation done.]

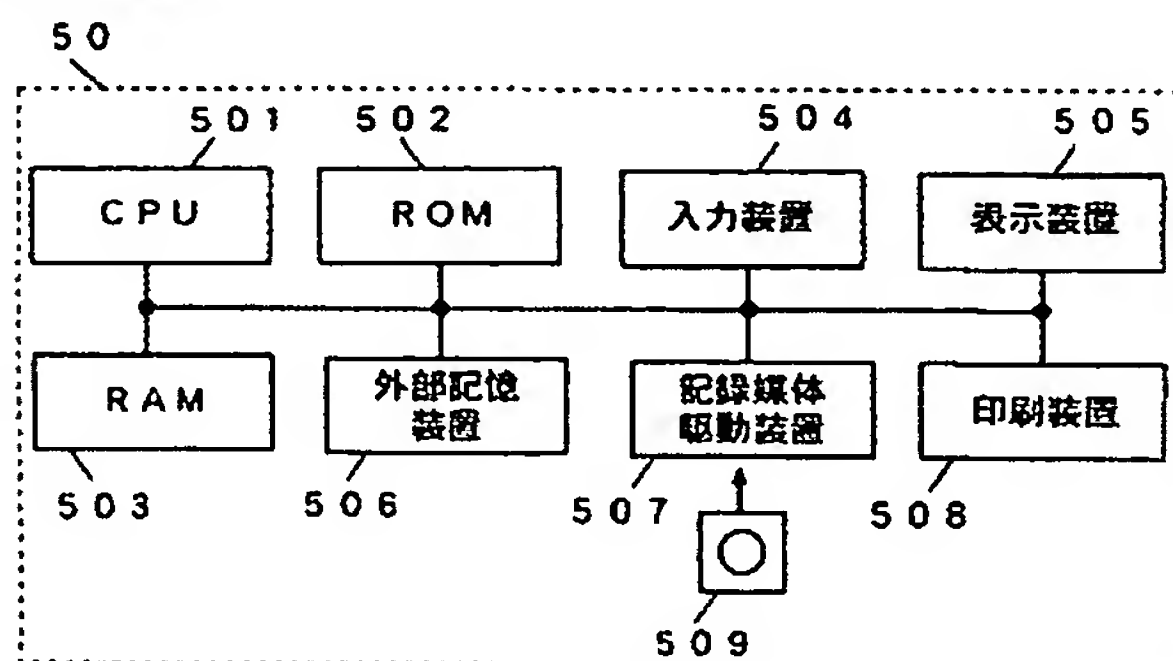
* NOTICES *

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

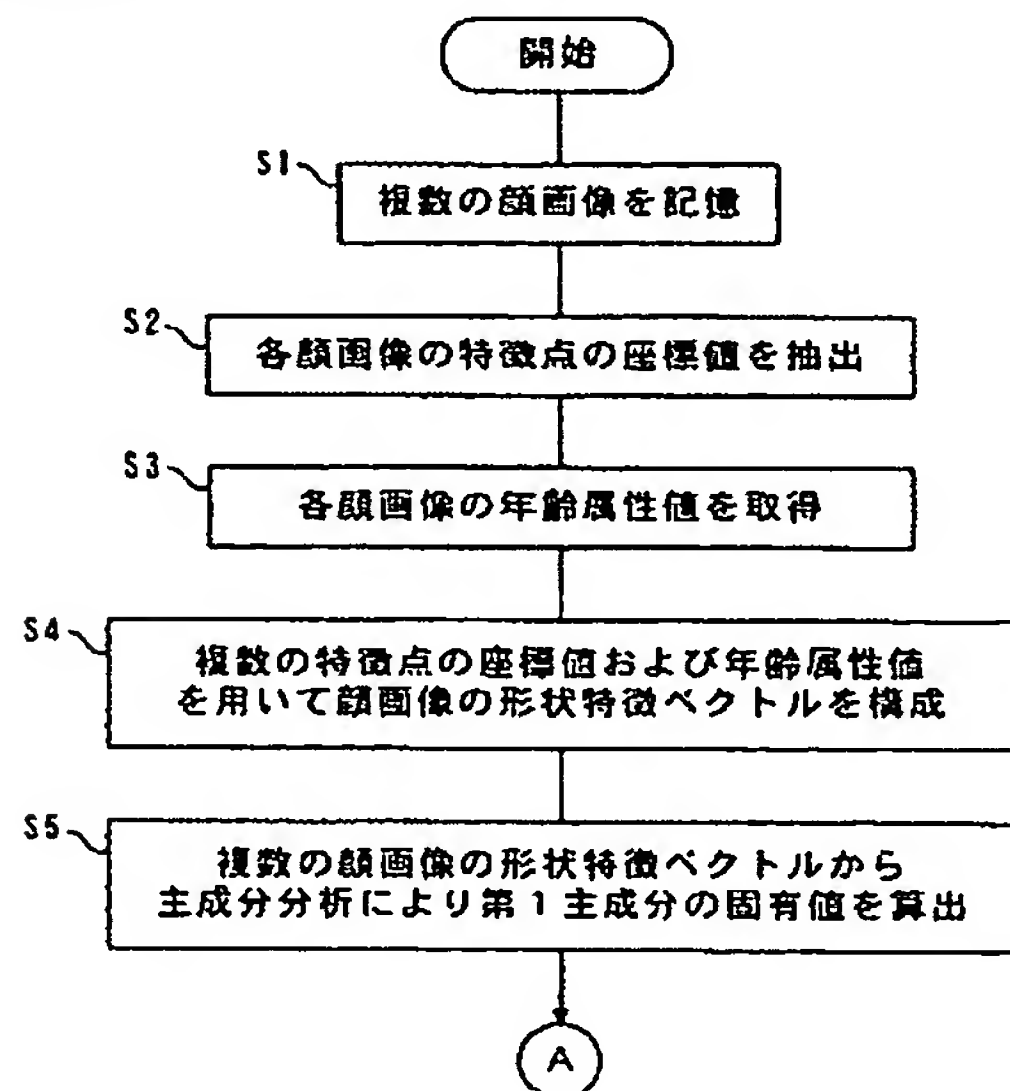
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

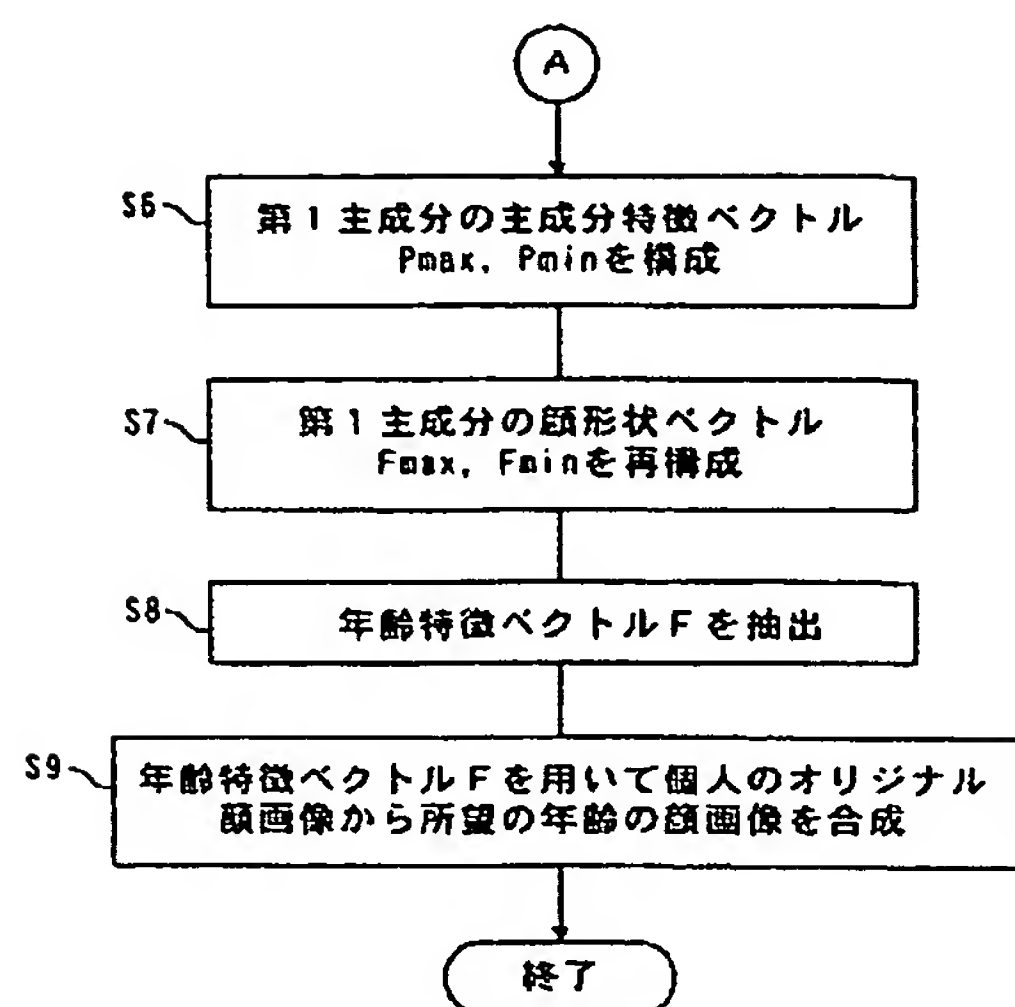
[Drawing 1]



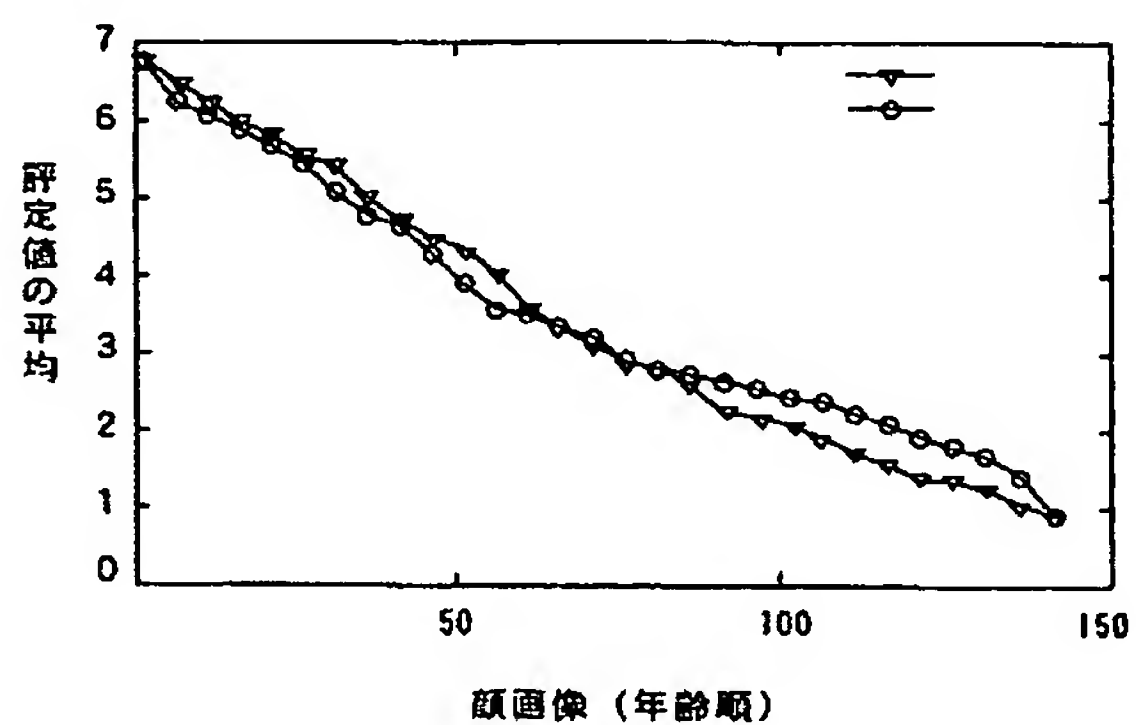
[Drawing 2]



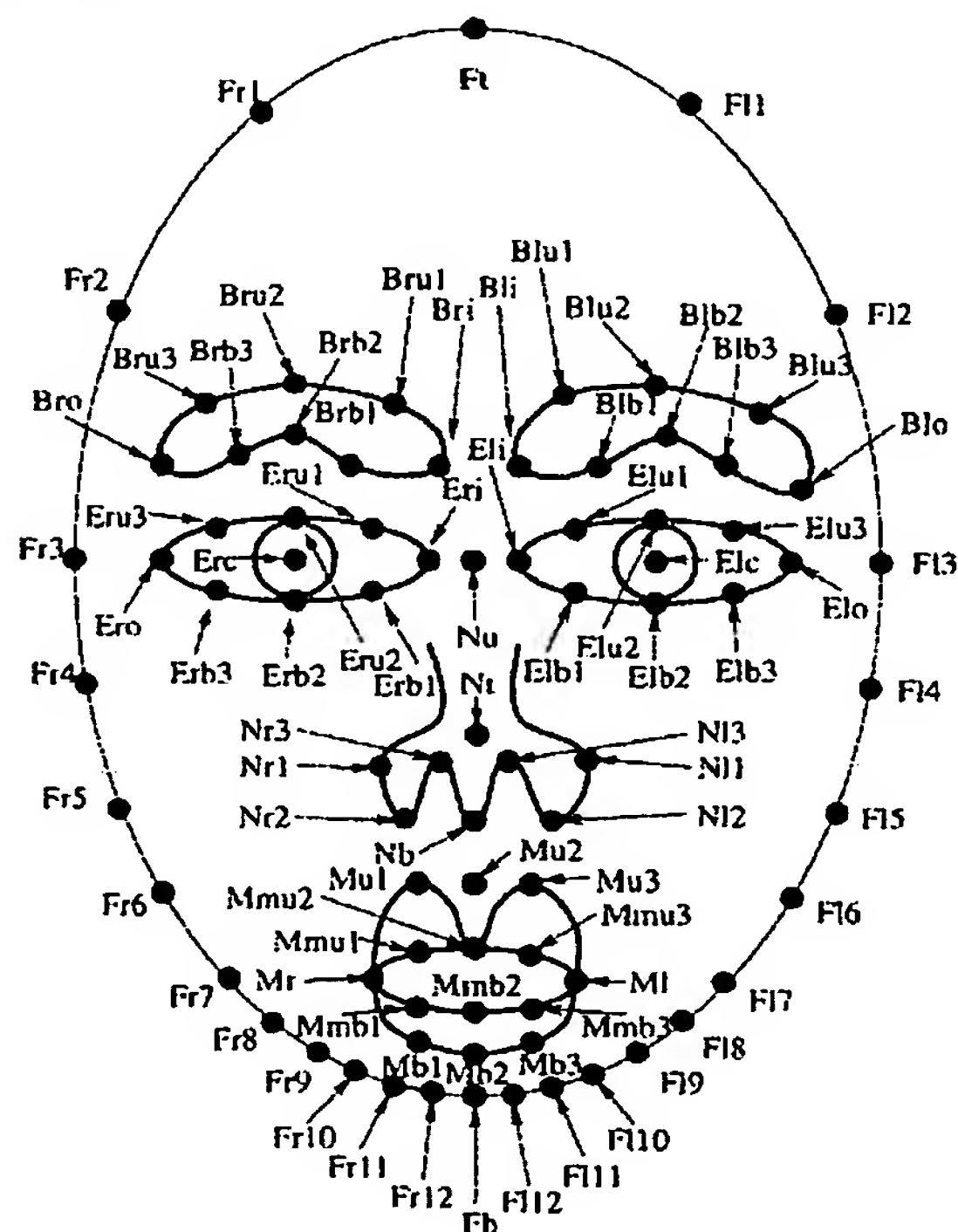
[Drawing 3]



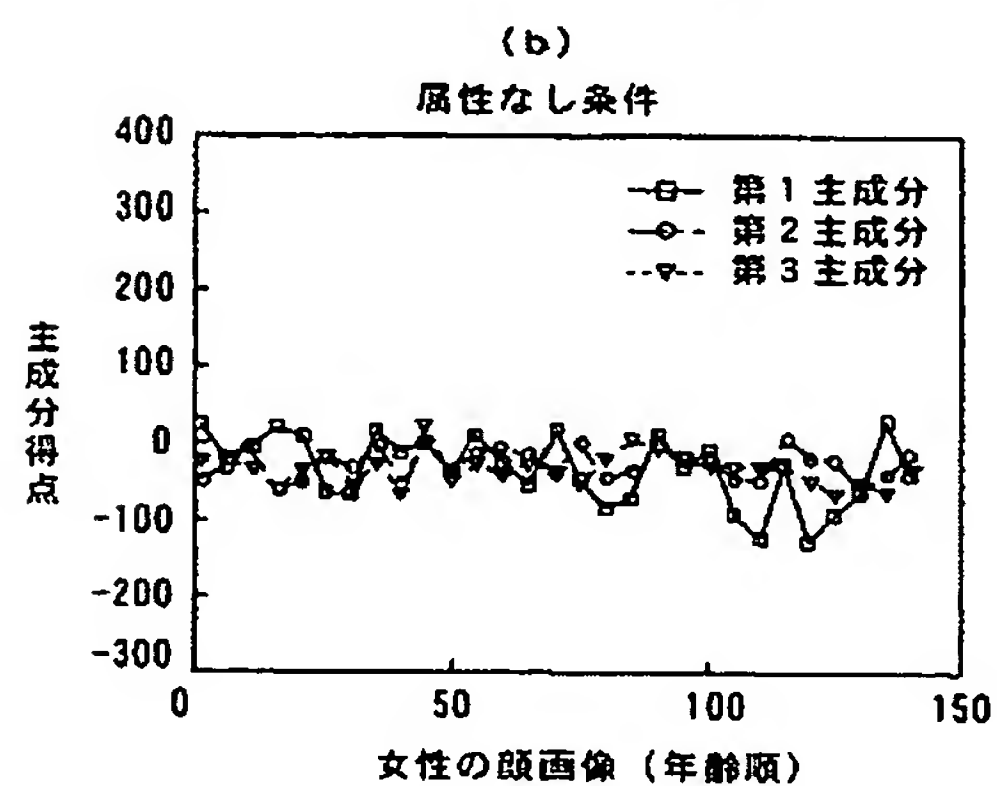
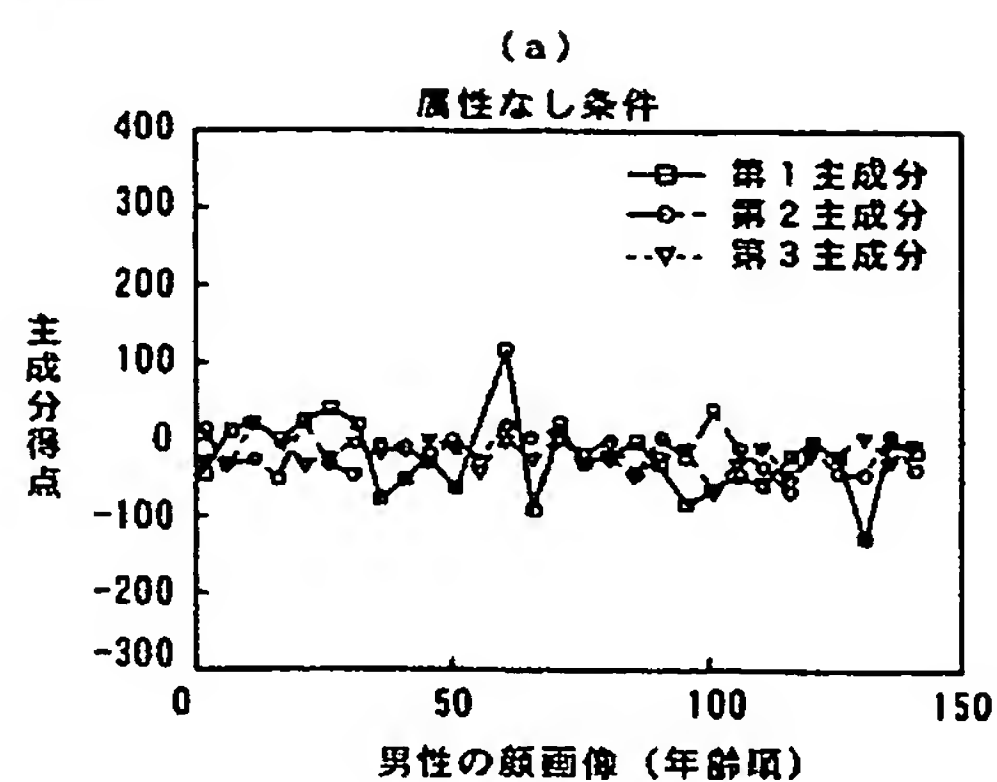
[Drawing 4]



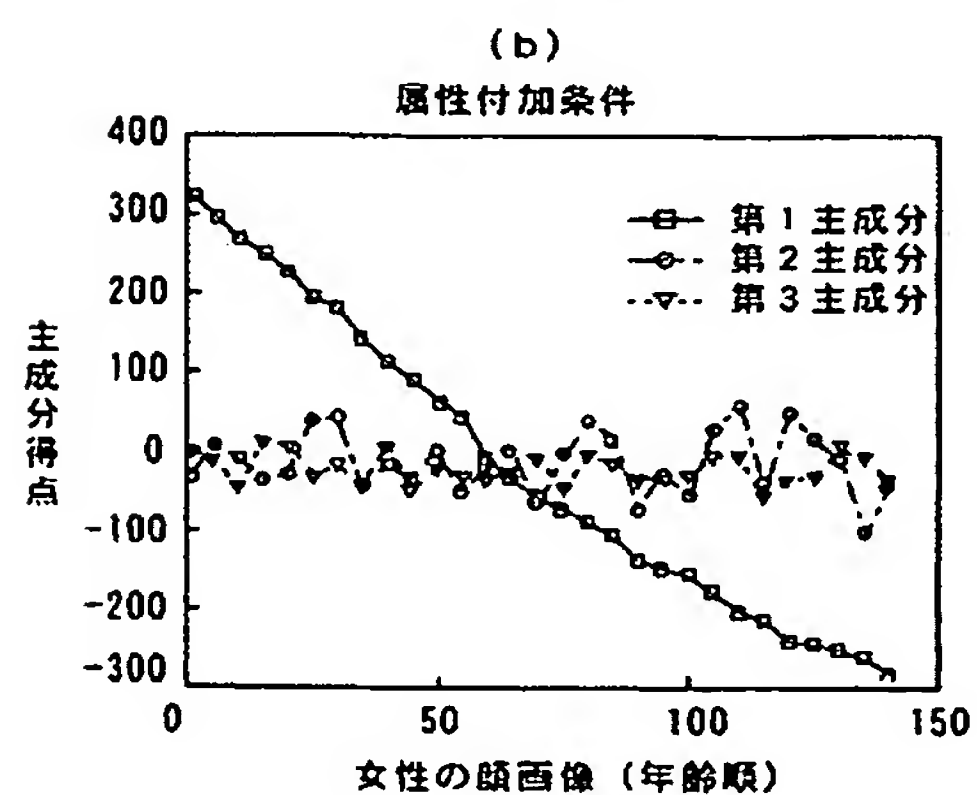
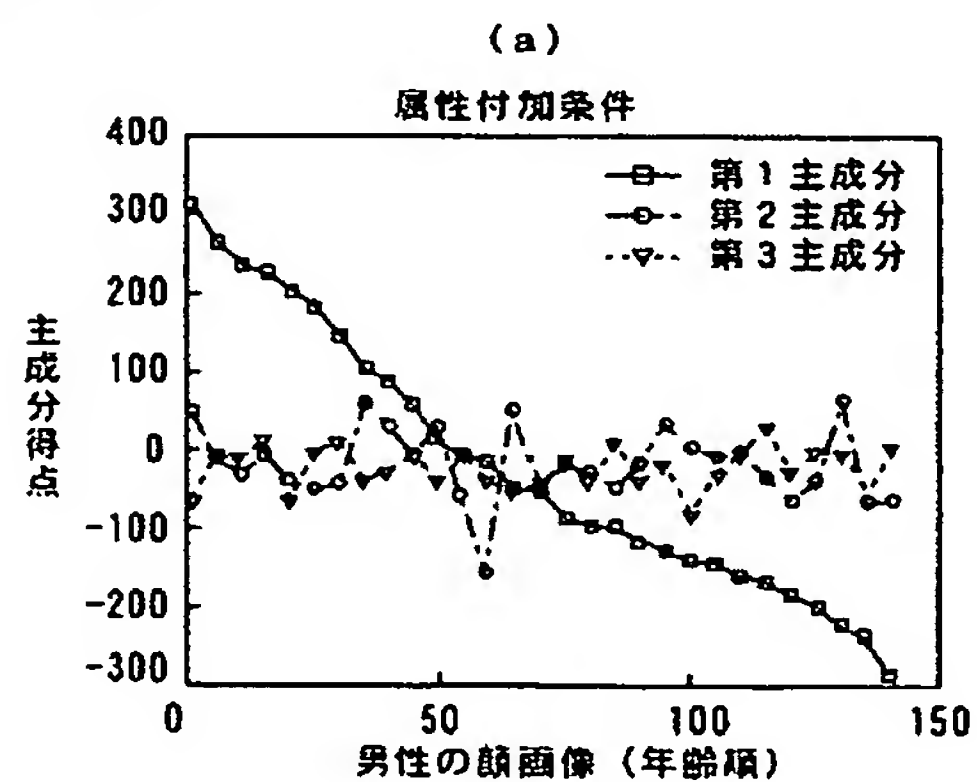
[Drawing 5]

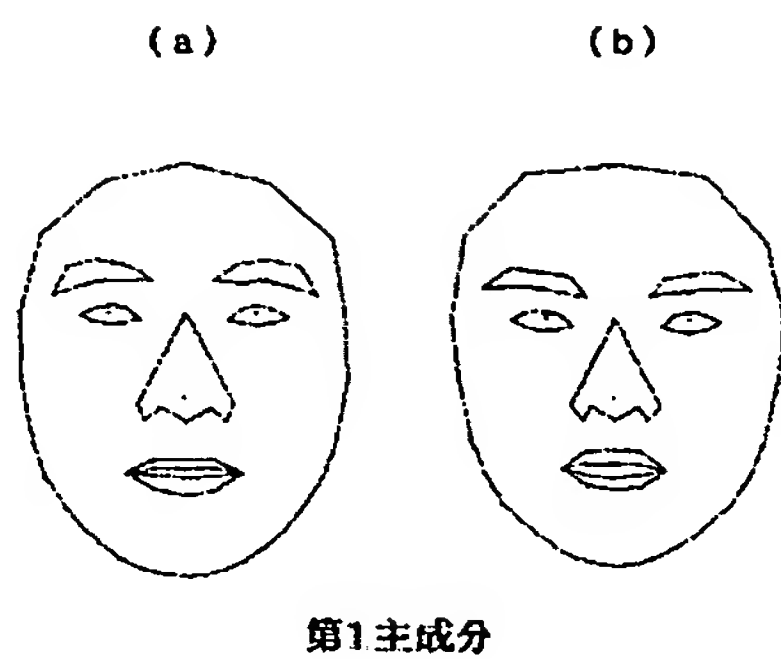
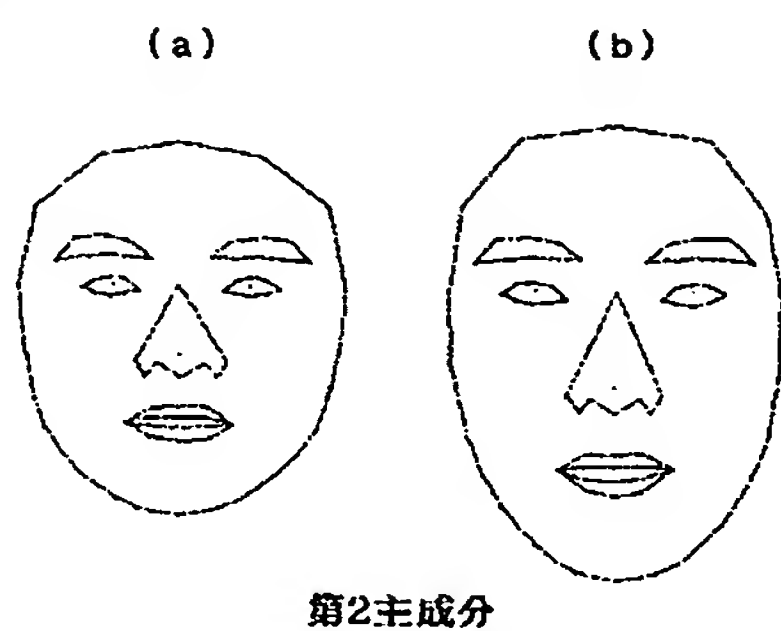
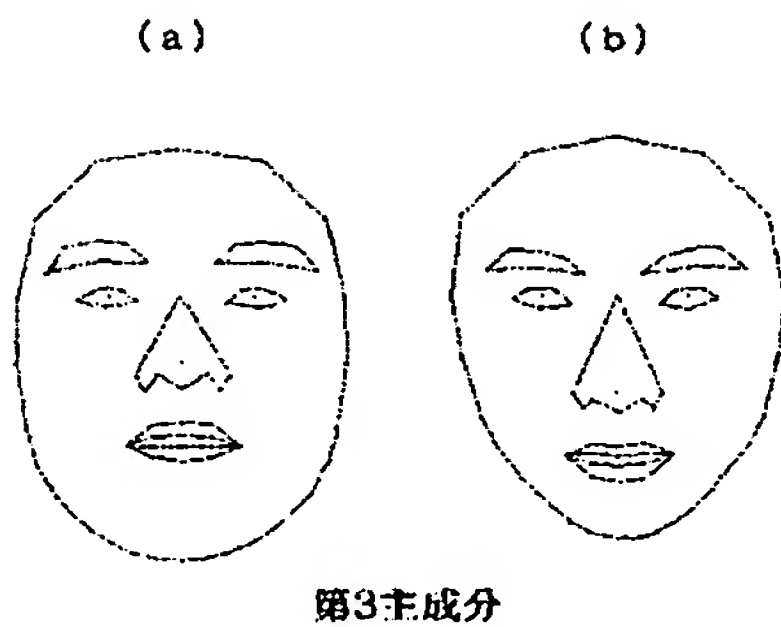
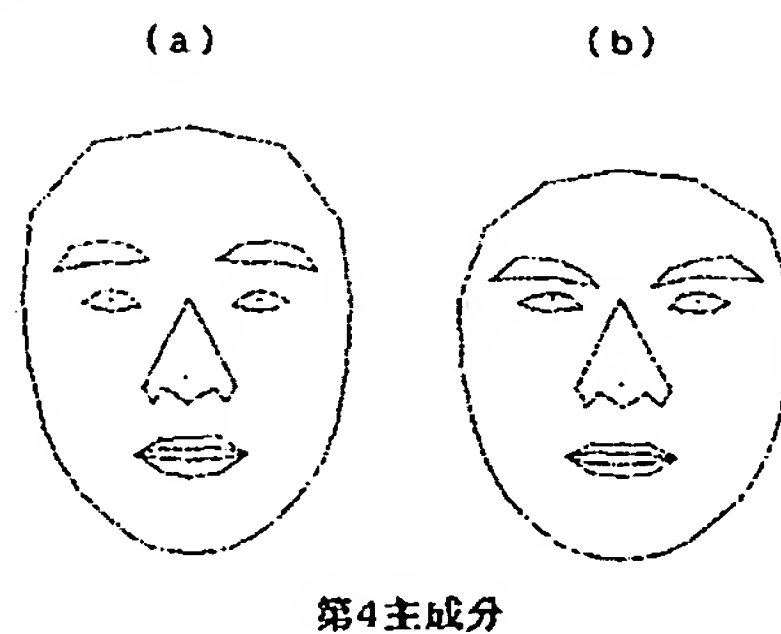


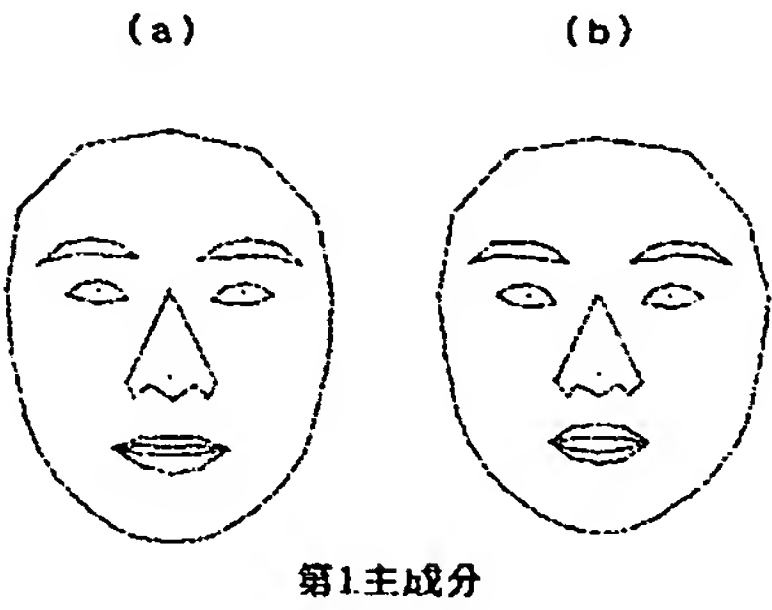
[Drawing 6]



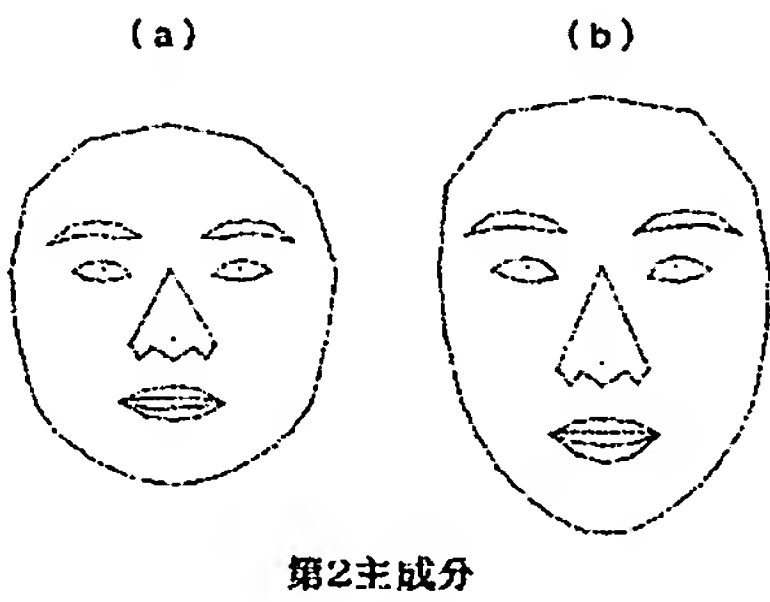
[Drawing 7]



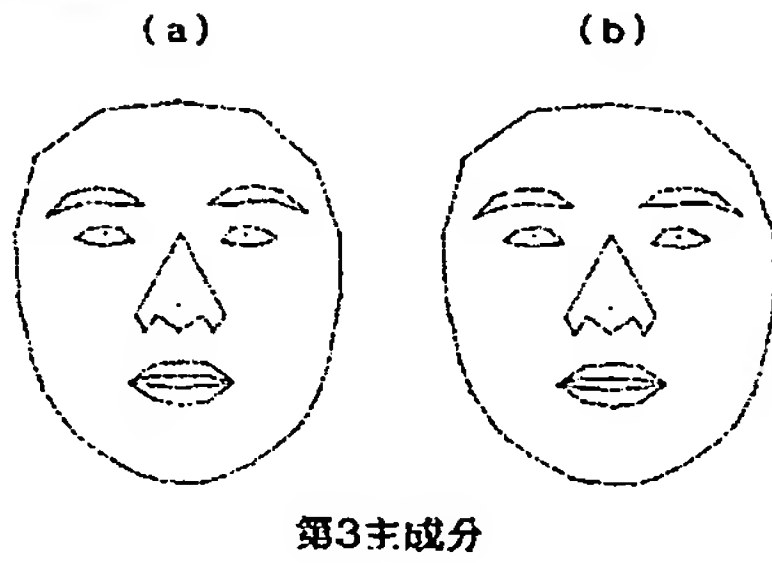
[Drawing 8][Drawing 9][Drawing 10][Drawing 11][Drawing 12]



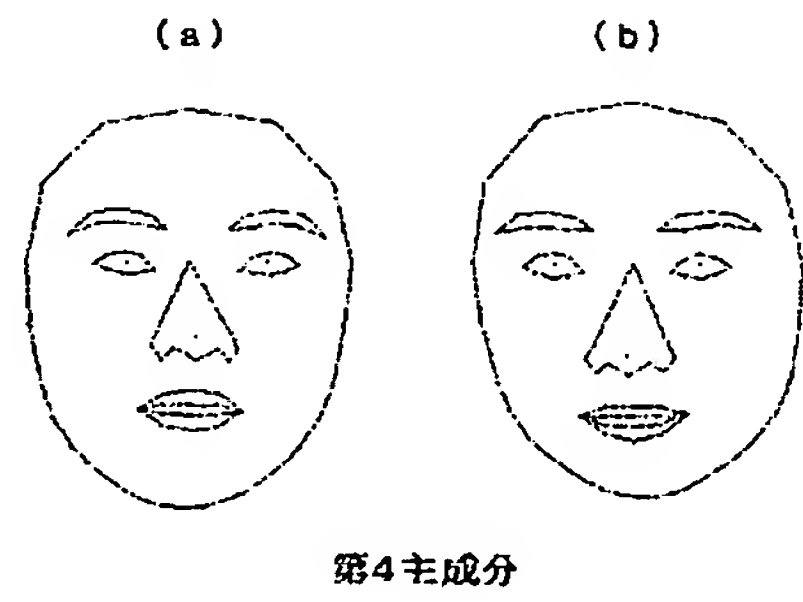
[Drawing 13]



[Drawing 14]



[Drawing 15]



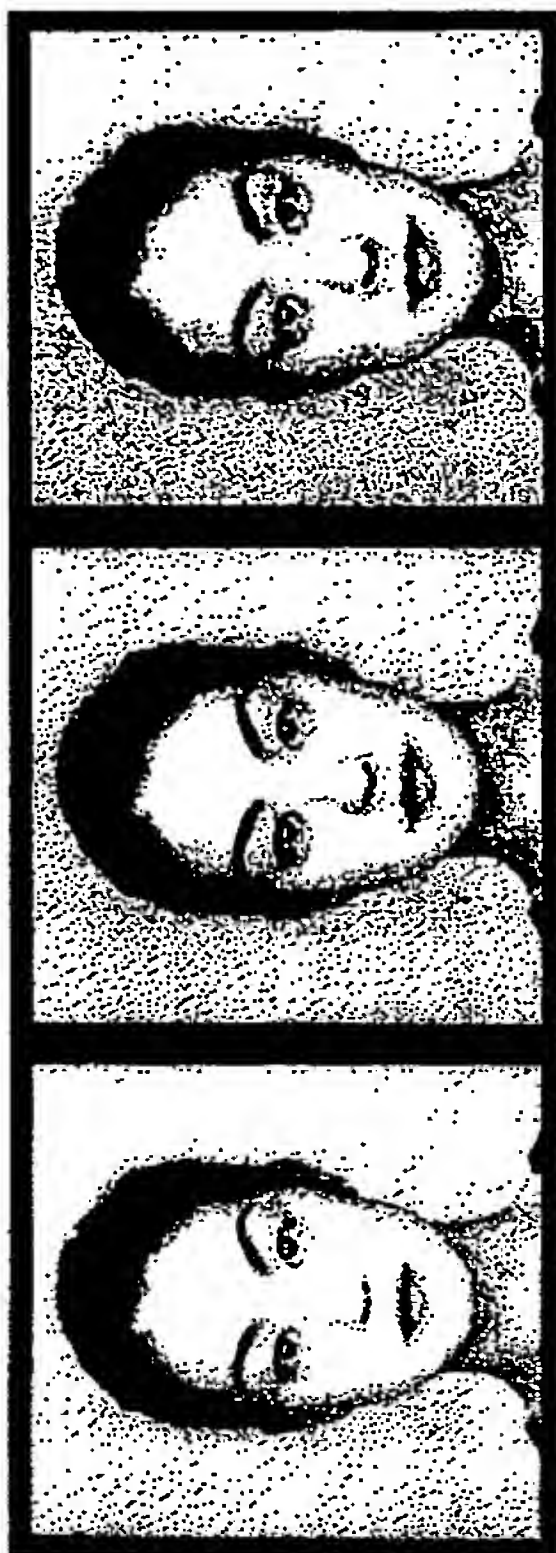
[Drawing 16]



[Drawing 17]



[Drawing 18]



[Drawing 19]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2004-102359
(P2004-102359A)

(43) 公開日 平成16年4月2日(2004.4.2)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G06T 7/20	G06T 7/20 300B	5B057
G06T 3/00	G06T 3/00 300	5L096
G06T 7/00	G06T 7/00 250	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 (22) 出願日 特許法第30条第1項適用申請有り 2002年3月1日 社団法人電子情報通信学会発行の「電子情報通信学会技術研究報告 信学技報 Vol. 101 No. 699」に発表	特願2002-259311 (P2002-259311) 平成14年9月4日 (2002.9.4)	(71) 出願人 393031586 株式会社国際電気通信基礎技術研究所 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 (74) 代理人 100098305 弁理士 福島 祥人 (72) 発明者 向田 茂 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内 (72) 発明者 瀧池 みゆき 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内 (72) 発明者 木下 敬介 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
--	--	--

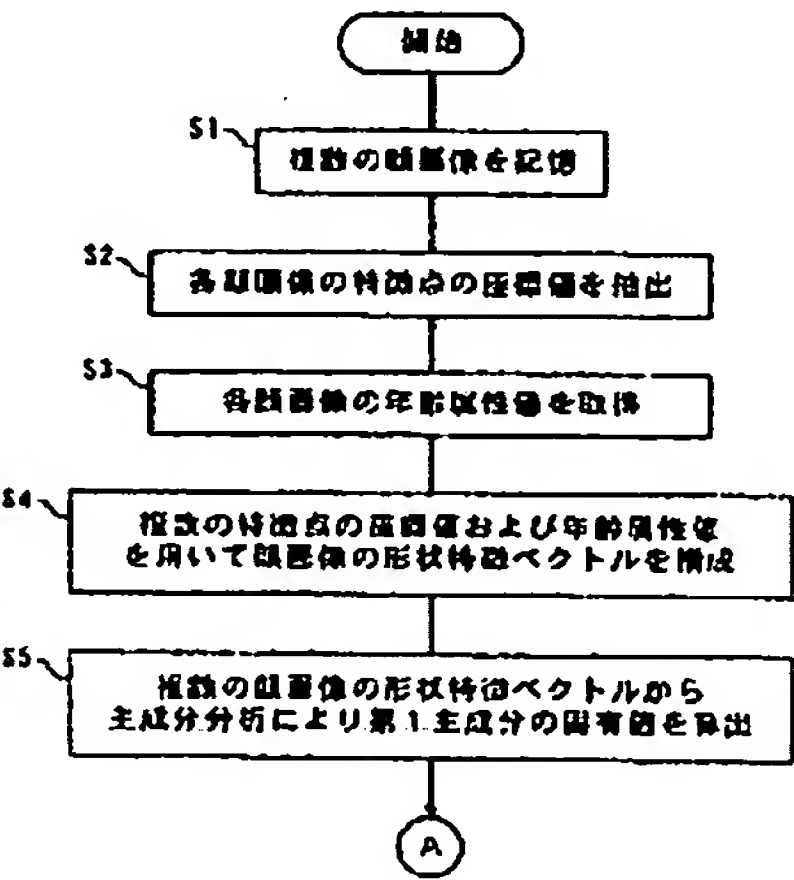
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法および画像処理プログラム

(57) 【要約】

【課題】 画像の所定の属性の特徴を主観によらずに抽出することができる画像処理装置、画像処理方法および画像処理プログラムを提供することである。

【解決手段】 複数の個人の顔画像を記憶する。記憶された各顔画像の複数の特徴点の座標値を抽出する。各顔画像の年齢属性値を取得する。各顔画像ごとに取得された複数の特徴点の座標値および年齢属性値を用いて各顔画像の形状特徴ベクトルF_iを構成する。複数の顔画像の形状特徴ベクトルF_iから主成分分析により第1主成分の固有値σ₁を算出する。第1主成分の固有値σ₁を用いて第1主成分の主成分特徴ベクトルP_{max}、P_{min}を構成する。第1主成分の固有値σ₁を用いて第1主成分の顔形状ベクトルF_{max}、F_{min}を再構成し、年齢属性特徴を表す年齢特徴ベクトルFを抽出する。年齢特徴ベクトルFを用いて特定の個人のオリジナル顔画像から所望の年齢の顔画像を合成する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の画像を記憶する画像記憶手段と、
前記画像記憶手段に記憶された各画像の複数の形態的特徴を抽出する特徴抽出手段と、
形態的特徴とは異なる各画像の属性を取得する属性取得手段と、
前記特徴抽出手段により抽出された各画像の複数の形態的特徴および前記属性取得手段により取得された各画像の属性を変量とする各画像ごとの形態特徴ベクトルを構成する形態特徴ベクトル構成手段と、
前記形態特徴ベクトル構成手段により構成された複数の画像の形態特徴ベクトルから主成分分析により第 1 主成分を算出する主成分分析手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記主成分分析手段により算出された第 1 主成分の固有値を用いて第 1 主成分の変化範囲を決定する変化範囲決定手段と、
前記変化範囲決定手段により決定された第 1 主成分の変化範囲での前記複数の形態的特徴の変化量を変量として用いて属性の特徴を示す属性特徴ベクトルを再構成する属性特徴ベクトル再構成手段とをさらに備えたことを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記属性特徴ベクトル再構成手段により得られた属性特徴ベクトルを用いて特定の画像から前記属性が異なる他の画像を合成する画像合成手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 2 記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記画像合成手段は、前記特定の画像の前記複数の形態的特徴を変量とする形態特徴ベクトルを構成し、その形態特徴ベクトルの各変量を前記属性特徴ベクトルの対応する変量に基づいて修正し、修正された変量を有する形態特徴ベクトルから前記他の画像を合成することを特徴とする請求項 3 記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記複数の画像は、複数の顔画像であり、
前記属性は、見かけの年齢、実年齢、性別、人種、表情または体形であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記複数の形態的特徴は、予め定められた複数の特徴点の座標値を含むことを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 7】

複数の画像を記憶するステップと、
前記記憶された各画像の複数の形態的特徴を抽出するステップと、
形態的特徴とは異なる各画像の属性を取得するステップ

(2)

特開 2004-102359

2

と、
前記抽出された各画像の複数の形態的特徴および前記取得された各画像の属性を変量とする各画像ごとの形態特徴ベクトルを構成するステップと、
前記構成された複数の画像の形態特徴ベクトルから主成分分析により第 1 主成分を算出するステップとを備えたことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 8】

コンピュータ読み取り可能な画像処理プログラムであって、
複数の画像を記憶する処理と、
前記記憶された各画像の複数の形態的特徴を抽出する処理と、
形態的特徴とは異なる各画像の属性を取得する処理と、
前記抽出された各画像の複数の形態的特徴および前記取得された各画像の属性を変量とする各画像ごとの形態特徴ベクトルを構成する処理と、
前記構成された複数の画像の形態特徴ベクトルから主成分分析により第 1 主成分を算出する処理とを、
前記コンピュータに実行させることを特徴とする画像処理プログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、画像の所定の属性の特徴を抽出する画像処理装置、画像処理方法および画像処理プログラムに関する。

【0002】

【従来の技術】

コミュニケーションにおいて、顔は重要な役割を果たしている。特に、顔からは、年齢、人種、性別、表情等の様々な情報を得ることができる。経験的には、相手の年齢から言葉遣いや態度を決めることもしばしばあり、年齢はコミュニケーションのための重要な要素の一つと言える。

【0003】

顔の年齢変化を操作する顔画像合成手法には、顔の経年変化の骨格モデルから形状変化の特徴的な部分を変形パラメータとして用いることにより顔画像を合成する方法や、複数の顔画像を元に生成した異なる世代の平均顔の差分情報を用いて顔画像を合成する方法等が提案されている（例えば、非特許文献 1、非特許文献 2 参照）。骨格モデルから変形パラメータを用いる方法では、人為的に設定した限られた変形パラメータのみを用いているため、経年変化に影響する特徴を的確に操作できていないと言いきれない。一方、異なる世代の平均顔の差分情報を用いる方法では、各世代の平均顔を作成する際に、十分な数のオリジナル顔画像を用いる必要がある。オリジナル顔画像の数が十分でないと、抽出した差分情報には年齢要素だけではなく、オリジナル顔画像のもつ個人特

3

微の要素の差が含まれてしまいかねない。

【0004】

【非特許文献1】

中川雅通, 宋續敏彦, 角義恭, 前原文雄, 千原國宏,
“骨格モデルを用いた顔画像の年齢変化シミュレーション,” 信学論 (A), Vol. J80-A, No. 8,
pp. 1312-1315, Aug. 1997.

【非特許文献2】

D. A. Rowland, D. I. Perrett,
“Manipulating Facial Appearance through Shape and Color,” IEEE Computer Graphics and Applications,
Vol. 15, No. 5, pp. 70-76,
Sep. 1995.

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

近年、主成分分析 (Principal Component Analysis: PCA) を用いた年齢特徴抽出が試みられている。PCAは、複数の変量 (変数) により構成される多次元空間 (特徴ベクトル) を、できる限り少ない次元数の特徴ベクトルとして表現しようとする多変量解析手法である。

【0006】

PCAを用いた顔画像合成も行われているが、従来手法の特徴抽出では、年齢や表情に関する主成分を指示および抽出することは難しい。年齢の異なる複数の顔画像をデータとして投入し分析する場合、PCAの性質から上位の主成分には年齢変化に関与する成分を含んだ結果が得られることは十分に考えられる。しかし、得られた結果から、年齢変化に強く関与する主成分を取得するには、主成分ごとにデータを復元し、もっともらしい主成分を主観で選択するという方法が取られてきた。したがって、主成分を選択する人により得られる結果が異なることになる。

【0007】

本発明の目的は、画像の所定の属性の特徴を主観によらずに抽出することができる画像処理装置、画像処理方法および画像処理プログラムに関する。

【0008】

【課題を解決するための手段および発明の効果】

第1の発明に係る画像処理装置は、複数の画像を記憶する画像記憶手段と、画像記憶手段に記憶された各画像の複数の形態的特徴を抽出する特徴抽出手段と、形態的特徴とは異なる各画像の属性を取得する属性取得手段と、特徴抽出手段により抽出された各画像の複数の形態的特徴および属性取得手段により取得された各画像の属性を変量とする各画像ごとの形態特徴ベクトルを構成する形態特徴ベクトル構成手段と、形態特徴ベクトル構成手段により構成された複数の画像の形態特徴ベクトルから主

(3)

特開2004-102359

4

成分分析により第1主成分を算出する主成分分析手段とを備えたものである。

【0009】

本発明に係る画像処理装置においては、複数の画像が画像記憶手段により記憶され、記憶された各画像の複数の形態的特徴が特徴抽出手段により抽出される。また、形態的特徴とは異なる各画像の属性が属性取得手段により取得される。抽出された各画像の複数の形態的特徴および取得された各画像の属性を変量とする各画像ごとの形態特徴ベクトルが形態特徴ベクトル構成手段により構成される。構成された複数の画像の形態特徴ベクトルから主成分分析により第1主成分が主成分分析手段により算出される。

【0010】

このようにして得られた第1主成分は、形態特徴ベクトルに変量として加えられた属性と密接に関与している。したがって、第1主成分に基づいて画像の所定の特徴を主観によらずに確実に抽出することができる。

【0011】

第2の発明に係る画像処理装置は、第1の発明に係る画像処理装置の構成において、主成分分析手段により算出された第1主成分の固有値を用いて第1主成分の変化範囲を決定する変化範囲決定手段と、変化範囲決定手段により決定された第1主成分の変化範囲での複数の形態的特徴の変化量を変量として用いて属性の特徴を示す属性特徴ベクトルを再構成する属性特徴ベクトル再構成手段とをさらに備えたことを特徴とする。

【0012】

この場合、主成分分析手段により算出された第1主成分の固有値を用いて第1主成分の変化範囲が変化範囲決定手段により決定される。また、決定された第1主成分の変化範囲での複数の形態的特徴の変化量を変量として用いて属性の特徴を示す属性特徴ベクトルが属性特徴ベクトル再構成手段により再構成される。

【0013】

このようにして得られた属性特徴ベクトルの各変量は、属性の変化による各形態的特徴の変化量を示している。したがって、画像の属性の特徴を各形態的特徴の変化量として抽出することができる。

40 【0014】

第3の発明に係る画像処理装置は、第2の発明に係る画像処理装置の構成において、属性特徴ベクトル再構成手段により得られた属性特徴ベクトルを用いて特定の画像から属性が異なる他の画像を合成する画像合成手段をさらに備えたことを特徴とする。

【0015】

この場合、属性特徴ベクトルの各変量が画像の属性の変化による各形態的特徴の変化量を示しているため、属性特徴ベクトルを用いて特定の画像から属性が異なる他の画像を合成することができる。

5

【0016】

第4の発明に係る画像処理装置は、第3の発明に係る画像処理装置の構成において、画像合成手段は、特定の画像の複数の形態的特徴を変数とする形態特徴ベクトルを構成し、その形態特徴ベクトルの各変数を属性特徴ベクトルの対応する変数に基づいて修正し、修正された変数を有する形態特徴ベクトルから他の画像を合成することを特徴とする。

【0017】

この場合、特定の画像の複数の形態的特徴を変数とする形態特徴ベクトルが構成され、その形態特徴ベクトルの各変数が属性特徴ベクトルの対応する変数に基づいて修正され、修正された変数を有する形態特徴ベクトルから他の画像が合成される。このようにして、属性特徴ベクトルを用いて特定の画像から属性が異なる他の画像を合成することができる。

【0018】

第5の発明に係る画像処理装置は、第1～第4のいずれかの発明に係る画像処理装置の構成において、複数の画像は、複数の顔画像であり、属性は、見かけの年齢、実年齢、性別、人種、表情または体形であることを特徴とする。

【0019】

属性が見かけの年齢の場合、形態特徴ベクトルに見かけの年齢を変数として加えることにより、主成分分析により得られた第1主成分は見かけの年齢と密接に関連している。したがって、第1主成分に基づいて顔画像の見かけの年齢の特徴を主観によらずに確実に抽出することができる。属性が実年齢の場合、形態特徴ベクトルに実年齢を変数として加えることにより、主成分分析により得られた第1主成分は実年齢と密接に関連している。したがって、第1主成分に基づいて顔画像の実年齢の特徴を主観によらずに確実に抽出することができる。属性が性別の場合、形態特徴ベクトルに性別を変数として加えることにより、主成分分析により得られた第1主成分は性別と密接に関連している。したがって、第1主成分に基づいて顔画像の性別の特徴を主観によらずに確実に抽出することができる。属性が人種の場合、形態特徴ベクトルに人種を変数として加えることにより、主成分分析により得られた第1主成分は人種と密接に関連している。したがって、第1主成分に基づいて顔画像の人種の特徴を主観によらずに確実に抽出することができる。属性が表情の場合、形態特徴ベクトルに表情を変数として加えることにより、主成分分析により得られた第1主成分は表情と密接に関連している。したがって、第1主成分に基づいて顔画像の表情の特徴を主観によらずに確実に抽出することができる。属性が体形の場合、形態特徴ベクトルに体形を変数として加えることにより、主成分分析により得られた第1主成分は体形と密接に関連している。したがって、第1主成分に基づいて顔画像の体形の

(4)

特開2004-102359

6

特徴を主観によらずに確実に抽出することができる。

【0020】

第6の発明に係る画像処理装置は、第1～第5のいずれかの発明に係る画像処理装置の構成において、複数の形態的特徴は、予め定められた複数の特徴点の座標値を含むことを特徴とする。

【0021】

この場合、複数の形態的特徴が複数の特徴点の座標値により表される。したがって、第1主成分により画像の形状における属性の特徴を主観によらずに確実に抽出することができる。

【0022】

第7の発明に係る画像処理方法は、複数の画像を記憶するステップと、記憶された各画像の複数の形態的特徴を抽出するステップと、形態的特徴とは異なる各画像の属性を取得するステップと、抽出された各画像の複数の形態的特徴および取得された各画像の属性を変数とする各画像ごとの形態特徴ベクトルを構成するステップと、構成された複数の画像の形態特徴ベクトルから主成分分析により第1主成分を算出するステップとを備えたものである。

【0023】

本発明に係る画像処理方法においては、複数の画像が記憶され、記憶された各画像の複数の形態的特徴が抽出される。また、形態的特徴とは異なる各画像の属性が取得される。抽出された各画像の複数の形態的特徴および取得された各画像の属性を変数とする各画像ごとの形態特徴ベクトルが構成される。構成された複数の画像の形態特徴ベクトルから主成分分析により第1主成分が算出される。

【0024】

このようにして得られた第1主成分は、形態特徴ベクトルに変数として加えられた属性と密接に関連している。したがって、第1主成分に基づいて画像の所定の特徴を主観によらずに確実に抽出することができる。

【0025】

第8の発明に係る画像処理プログラムは、コンピュータ読み取り可能な画像処理プログラムであって、コンピュータ読み取り可能な画像処理プログラムであって、複数の画像を記憶する処理と、記憶された各画像の複数の形態的特徴を抽出する処理と、形態的特徴とは異なる各画像の属性を取得する処理と、抽出された各画像の複数の形態的特徴および取得された各画像の属性を変数とする各画像ごとの形態特徴ベクトルを構成する処理と、構成された複数の画像の形態特徴ベクトルから主成分分析により第1主成分を算出する処理とを、コンピュータに実行させるものである。

【0026】

本発明に係る画像処理プログラムによれば、複数の画像が記憶され、記憶された各画像の複数の形態的特徴が抽

7

出される。また、形態的特徴とは異なる各画像の属性が取得される。抽出された各画像の複数の形態的特徴および取得された各画像の属性を変数とする各画像ごとの形態特徴ベクトルが構成される。構成された複数の画像の形態特徴ベクトルから主成分分析により第1主成分が算出される。

【0027】

このようにして得られた第1主成分は、形態特徴ベクトルに変数として加えられた属性と密接に関連している。したがって、第1主成分に基づいて画像の所定の特徴を主観によらずに確実に抽出することができる。

【0028】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施の形態における画像処理方法の概念を説明する。ここでは、画像が個人の顔画像であり、複数の形態的特徴が目、口等の顔パーツ（顔部品）の形状特徴を構成するL個の特徴点（x, y）の2次元座標であり、属性が年齢である場合を説明する。ここで、Lは、2以上の整数であり、xは顔画像におけるx座標、yは顔画像におけるy座標である。

【0029】

本実施の形態では、まず、個人の顔画像を表す特徴ベクトル（形状特徴ベクトル）として、L個の特徴点（x, y）の2次元座標だけでなく、画像には直接関係はないが、年齢特徴に強く影響を与える既知の属性値（年齢属性値）に重みを加えたものを変数aとして加え、以下に示すように、主成分分析（PCA）による次元圧縮を行う。

【0030】

具体的には以下の手順で行う。個人の顔画像の形状特徴ベクトルは、次式のように、 $2L+1$ 次元のベクトル F_i （ $i=1, 2, \dots, M$ ）として表す。MはPCAに用いる個人の顔画像の数である。

【0031】

$$F_i = [x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, \dots, x_L, y_L, a]^T \quad \dots (1)$$

上式(1)において、Tは転置を示す。すべての顔画像の形状特徴ベクトルの平均値が形状特徴ベクトル空間の中心に配置されるように各要素（変数）から平均 F_{av} を引く。

【0032】

$$\Delta F_i = F_i - F_{av} \quad \dots (2)$$

次に、上式(2)を用いて新たに顔特徴空間Gを次式(3)により定義する。

【0033】

$$G = [\Delta F_1, \Delta F_2, \dots, \Delta F_M] \quad \dots (3)$$

そして、次式(4)により顔特徴空間Gの共分散行列Sを求める。

【0034】

$$S = GG^T \quad \dots (4)$$

(5)

特開2004-102359

8

上式(4)より求められた共分散行列Sに対して次式(5)により特異値分解を行うことにより、各固有ベクトルを顔特徴空間Gの主成分として求めることができる。

【0035】

$$S = UDU^T \quad \dots (5)$$

Uはユニタリ行列であり、各列が固有ベクトルとなる。すなわち、ユニタリ行列Uの第1列には第1番目～第M番目の顔画像における第1主成分の主成分得点が順に並び、第2列には第1番目～第M番目の顔画像における第2主成分の主成分得点が順に並び、第3列には第1番目～第M番目の顔画像における第3主成分の主成分得点が順に並ぶ。同様に、ユニタリ行列Uの第M列には第1番目～第M番目の顔画像における第(2L+1)主成分の主成分得点が並ぶ。Dは対角行列であり、対角成分が各主成分の固有値である。すなわち、対角行列Dの対角成分は、第1主成分～第(2L+1)主成分の固有値 $\lambda_1 \sim \lambda_{2L+1}$ である。

【0036】

ここで得られた第1主成分は、後述するように、属性値として加えた成分（年齢）の影響を強く受けており、第1主成分の主成分得点の値は、年齢属性値を強く反映したことになる。

【0037】

ここで、第1主成分の標準偏差を σ_1 とし、その3倍を形状特徴の変化範囲とする。主成分の固有値は主成分の分散であることから、第1主成分の標準偏差 σ_1 は、第1主成分の固有値 λ_1 より次式(6)のようになる。

【0038】

$$\sigma_1^2 = \lambda_1 \quad \dots (6)$$

第1主成分の標準偏差 σ_1 の3倍の範囲、すなわち $-(3/2)\sigma_1$ から $+(3/2)\sigma_1$ の範囲を顔形状（形状特徴）の変化範囲とする。この変化範囲にすべての顔画像のうち90%以上が属する。 $+(3/2)\sigma_1$ を第1主成分の主成分得点とし、他の主成分の主成分得点を0とする主成分特徴ベクトルを P_{max} とする。また、 $-(3/2)\sigma_1$ を第1主成分の主成分得点とし、他の主成分の主成分得点を0とする主成分特徴ベクトルを P_{min} とする。主成分特徴ベクトル P_{max} はM個の顔画像より求められる平均顔画像において最年長（または最年少）の顔画像に対応し、主成分特徴ベクトル P_{min} はM個の顔画像により求められる平均顔画像において最年少（または最年長）の顔画像に対応する。

【0039】

$$P_{max} = [+(3/2)\sigma_1, 0, 0, \dots, 0]^T \quad \dots (7)$$

$$P_{min} = [-(3/2)\sigma_1, 0, 0, \dots, 0]^T \quad \dots (8)$$

上式(7)、(8)の主成分特徴ベクトル P_{max} 、 P_{min} より顔形状ベクトル F_{max} 、 F_{min} を再構成

9

する。顔形状ベクトル F_{max} は最年長（または最年少）の平均顔画像を表し、顔形状ベクトル F_{min} は最年少（または最年長）の平均顔画像を表す。そして、次式のように、顔形状ベクトル F_{max} と顔形状ベクトル F_{min} との差を年齢特徴を表す特徴ベクトル（年齢特徴ベクトル） F として抽出する。

【0040】

$$F = F_{max} - F_{min} \quad \cdots (9)$$

ただし、年齢特徴ベクトル F には属性値は必要ないため、年齢特徴ベクトル F は年齢属性値を削除した2次元のベクトルとする。

【0041】

$$F = [x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_{2L}, y_{2L}]^T \quad \cdots (10)$$

上式(10)の年齢特徴ベクトル F は、最年長の平均顔画像と最年少の平均顔画像との間での各特徴点の移動量を表している。例えば、変数 x_1 は1番目の特徴点の x 座標の移動量を表し、変数 y_1 は1番目の特徴点の y 座標の移動量を表す。

【0042】

上式(10)の年齢特徴ベクトル F を用いて次のようにして特定の個人のオリジナル顔画像からその個人の異なる年齢の顔画像を合成することができる。

【0043】

まず、特定の個人のオリジナル顔画像の形状特徴ベクトル F^1 を次式のように構成する。

【0044】

$$F^1 = [x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_{2L}, y_{2L}]^T \quad \cdots (11)$$

上式(11)の変数 $x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_{2L}, y_{2L}$ はオリジナル顔画像の L 個の特徴点の x 座標および y 座標である。

【0045】

次に、上式(10)の年齢特徴ベクトル F の各変数 $x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_{2L}, y_{2L}$ に合成割合 b を乗算し、次式の修正ベクトル F' を算出する。

【0046】

$$F' = [bx_1, by_1, bx_2, by_2, \dots, bx_{2L}, by_{2L}]^T \quad \cdots (12)$$

上式(11)のオリジナル顔画像の形状特徴ベクトル F^1 に上式(12)の修正ベクトル F' を次式のように加算または減算し、年齢特徴をマッピングした形状特徴ベクトル F^s を作成する。

【0047】

$$F^s = F^1 + F' \quad \cdots (13)$$

上式(13)の形状特徴ベクトル F^s から顔画像を再構成することによりオリジナル顔画像に対して年齢が異なる顔画像を合成することができる。この場合、上式(12)における合成割合 b の値を任意に設定することにより、任意の年齢の顔画像を合成することが可能となる。

(6)

特開2004-102359

10

【0048】

次に、図1を用いて本実施の形態の画像処理方法を実行するための画像処理装置の構成を説明する。図1は本実施の形態の画像処理方法を実施するための画像処理装置の構成を示すブロック図である。

【0049】

画像処理装置50は、CPU（中央演算処理装置）501、ROM（リードオンリメモリ）502、RAM（ランダムアクセスメモリ）503、入力装置504、表示装置505、外部記憶装置506、記録媒体駆動装置507および印刷装置508を含む。

【0050】

入力装置504は、キーボード、マウス、スキャナ、デジタルカメラ等からなり、各種指令、データおよび画像を入力するために用いられる。ROM502にはシステムプログラムが記憶される。記録媒体駆動装置507は、CD-ROMドライブ、フロッピーディスクドライブ等からなり、CD-ROM、フロッピーディスク等の記録媒体509に対してデータの読み書きを行う。記録媒体509には、画像処理プログラムが記憶されている。外部記憶装置506は、ハードディスク装置等からなり、記録媒体駆動装置507を介して記録媒体509から読み込まれた画像処理プログラムおよび各種データを記憶する。CPU501は、外部記憶装置506に記憶された画像処理プログラムをRAM503上で実行する。

【0051】

表示装置505は、液晶表示パネル、CRT（陰極線管）等からなり、各種画像等を表示する。印刷装置508は、各種画像等を印刷する。

【0052】

なお、画像処理プログラムを記録する記録媒体509として、ROM等の半導体メモリ、ハードディスク等の種々の記録媒体を用いることができる。また、画像処理プログラムを通信回線等の通信媒体を介して外部記憶装置506にダウンロードし、RAM503上で実行してもよい。

【0053】

本実施の形態では、外部記憶装置506が画像記憶手段に相当し、CPU501が特徴抽出手段、属性取得手段、形態特徴ベクトル構成手段、主成分分析手段、変化範囲決定手段、属性特徴ベクトル再構成手段および画像合成手段に相当する。

【0054】

図2は図1の画像処理装置において実行される画像処理プログラムの処理を示すフローチャートである。ここでは、ある年齢の個人のオリジナル顔画像からその個人の他の年齢の顔画像を合成する方法の例を示す。

【0055】

まず、CPU501は、入力装置504により入力され

11

た複数の個人の顔画像を画像データとして外部記憶装置506に記憶する(ステップS1)。この場合、予めデータベースに記憶された複数の個人の顔画像の画像データを用いてもよい。

【0056】

次に、CPU501は、外部記憶装置506に記憶された画像データに基づいて各顔画像の複数の特徴点の座標値を抽出する(ステップS2)。本実施の形態では、各特徴点のx座標およびy座標を抽出する。

【0057】

次に、CPU501は、各顔画像の年齢属性値を取得する(ステップS3)。年齢属性値は、各顔画像ごとに入力装置504により入力してもよく、あるいは各顔画像ごとに予めデータベースに記憶された年齢属性値を用いてもよい。本実施の形態では、後述する年齢知覚実験により得られた見かけの年齢を年齢属性値として用いる。

【0058】

さらに、CPU501は、各顔画像ごとに抽出された複数の特徴点の座標値および年齢属性値を用いて各顔画像の形状特徴ベクトル F_i (式(1)参照)を構成する(ステップS4)。

【0059】

次いで、CPU501は、複数の顔画像の形状特徴ベクトル F_i から式(2)～(6)に従って主成分分析により第1主成分の固有値 σ_1 を算出する(ステップS5)。また、CPU501は、第1主成分の固有値 σ_1 を用いて式(7)の第1主成分の主成分特徴ベクトル P_{max} 、 P_{min} を構成する(ステップS6)。

【0060】

次に、CPU501は、第1主成分の固有値 σ_1 を用いて式(7)の第1主成分の顔形状ベクトル F_{max} 、 F_{min} を再構成し(ステップS7)、式(8)の年齢特徴を表す年齢特徴ベクトル F を抽出する(ステップS8)。

【0061】

次いで、CPU501は、年齢特徴ベクトル F を用いて特定の個人のオリジナル顔画像から所望の年齢の顔画像を合成する(ステップS9)。

【0062】

このようにして、画像処理プログラムを画像処理装置において実行することにより複数の個人の顔画像を用いて年齢特徴に密接に関連する顔形状の特徴を年齢特徴ベクトル F として抽出することができ、さらに抽出した顔形状の特徴を用いて特定の個人のオリジナル顔画像から所望の年齢の顔画像を合成することができる。

【0063】

上記のように、本実施の形態の画像処理装置、画像処理方法および画像処理プログラムにより未知の顔画像を合成することができるので、それらを犯罪捜査等に利用することができる。

(7)

特開2004-102359

12

【0064】

なお、上記実施の形態では、画像の形態的特徴として顔形状の特徴を表す複数の特徴点の座標値を用いているが、画像の形態的特徴として肌の色合い、しみ、しわ等のテクスチャ(肌合い)を用いることもできる。また、年齢の知覚は、顔内部の形状だけではなく、髪型等を考慮してもよい。

【0065】

さらに、上記実施の形態では、属性として見かけの年齢を用いているが、属性として見かけの年齢の代わりに実年齢を用いてもよい。また、属性として表情、人種、性別、体形等の他の属性を用いてもよい。

【0066】

属性が実年齢の場合、上記実施の形態の画像処理方法を適用することにより、複数の個人の顔画像を用いて実年齢の特徴に密接に関連する顔形状の特徴を抽出することができ、さらに抽出した顔形状の特徴を用いて特定の個人のオリジナル顔画像から実年齢の異なる顔画像を合成することができる。

20 【0067】

属性が表情の場合、喜怒哀楽等の表情をそれぞれ異なる値で表し、上記実施の形態の画像処理方法を適用することにより、複数の個人の顔画像を用いて表情の特徴に密接に関連する顔形状の特徴を抽出することができ、さらに抽出した顔形状の特徴を用いて特定の個人のオリジナル顔画像から表情の異なる顔画像を合成することができる。

【0068】

属性が人種の場合、異なる複数の人種をそれぞれ異なる値で表し、上記実施の形態の画像処理方法を適用することにより、複数の個人の顔画像を用いて人種の特徴に密接に関連する顔形状の特徴を抽出することができ、さらに抽出した顔形状の特徴を用いて特定の個人のオリジナル顔画像から人種の異なる顔画像を合成することができる。

【0069】

属性が性別の場合、男女の性別を異なる値で表し、上記実施の形態の画像処理方法を適用することにより、複数の個人の顔画像を用いて性別の特徴に密接に関連する顔形状の特徴を抽出することができ、さらに抽出した顔形状の特徴を用いて特定の個人のオリジナル顔画像から性別の異なる顔画像を合成することができる。

【0070】

属性が体形の場合、異なる体形を異なる値で表し、上記実施の形態の画像処理方法を適用することにより、複数の個人の顔画像を用いて体形の特徴に密接に関連する顔形状の特徴を抽出することができ、さらに抽出した顔形状の特徴を用いて特定の個人のオリジナル顔画像から体形の異なる顔画像を合成することができる。

50 【0071】

13

また、上記実施の形態では、画像が個人の顔画像である場合を説明したが、これに限定されない。例えば、画像が動物の画像であってもよい。

【0072】

【実施例】

1. 予備実験

個人の顔の経年変化に関わる形状特徴について考える場合、PCAの変量に与える属性値として、実年齢を利用すればよい。しかし、顔の経年変化では、形状とともに、しみやしわ、肌のきめ等も変化することは経験的にも明らかである。本実施例では、経年変化により変化する顔の形状特徴ではなく、みかけの年齢、つまり若く見える顔や、老けて見える顔の形状の特徴について検討した。そして、見かけの年齢の属性値として、実年齢を与えたのでは不十分であるため、見かけの年齢の属性値を求めるために年齢知覚実験（年齢評定実験）を行った。

【0073】

*

カテゴリ	年齢
0	～15才
1	15～20才
2	20～25才
3	25～30才
4	30～35才
5	35～40才
6	40～45才
7	45才～

【0076】

表1に示すように、年齢を8つのカテゴリに分類し、それらのカテゴリに年齢の若い順に0～7の評定値を与えた。

【0077】

1-2. 結果

顔画像ごとに評定値の平均および標準偏差を求めた。図4は顔画像ごとの評定値の平均を降順に並び替えてプロットした図である。図4の横軸は、142名の顔画像を示し、縦軸は、各顔画像の評定値の平均を示す。三角印および丸印はそれぞれ男性および女性の顔画像の評定値の平均を表す。

【0078】

個々の顔画像より得られた標準偏差から顔画像の性別ごとに平均を求めた。標準偏差の平均は、男性の顔画像では0.85、女性の顔画像では0.89であった。つまり、男女の顔とも±5才程度の誤差で年齢が推定されたことになる。

【0079】

*1-1. 手続

年齢知覚実験における実験刺激には、ATR（株式会社国際電気通信基礎技術研究所）の表情顔画像データベースから、日本人男女各142名の無表情、正面向き、実年齢が10代後半から30代後半の顔画像を用いた。また、顔画像は512×512ピクセルのカラー画像であり、顔が枠内に十分入る大きさであった。被験者は大学生（18才～22才）の男性25名および女性22名であった。

【0074】

実験は、次の手順で行われた。被験者は、モニタに表示される顔画像の年齢を推定し、表1に示す年齢評定カテゴリの中で最も適するカテゴリを選択するよう求められた。

【0075】

【表1】

なお、男女で顔画像は異なり、顔画像間に関連もないため、顔画像間の比較には意味がない。

【0080】

2. 年齢特徴抽出実験

次に、上記の年齢知覚実験により得られた見かけの年齢属性値を用いて顔年齢特徴抽出実験を行った。顔情報に見かけの年齢属性値を付加する場合（以下、属性値付加条件と呼ぶ）と、顔情報に見かけの年齢属性値を付加しない場合（以下、属性値なし条件と呼ぶ）とで、抽出される形状特徴の比較を行った。

【0081】

2-1. 手続き

顔画像の形状特徴には、ATRの顔画像合成システム（FUTON）（蒲池みゆき、向田茂、吉川左紀子、加藤隆、尾田正臣、赤松茂、"顔・表情認知に関する心理実験のための顔画像合成システム-FUTON System", 信学技法, 111P97-39, pp. 73-80, Jan. 1998および向田茂、蒲池みゆき、赤松茂、"顔画像合成システム（FUTON system

15

e m)におけるマニュアルサンプリングの評価,” 信学技法, HIP99-49, pp. 13-18, Nov. 1999参照)のデフォルト特徴点83点の座標値を用いた。図5は顔特徴ベクトルの変量として用いた特徴点を示す図である。図5において、83点の特徴点を黒丸で示し、各特徴点を識別するために符号を付している。

【0082】

顔画像としては、予備実験で用いた男女の各142枚の顔画像を用いた。ただし、顔幅(特徴点Fr3, Fl3間の長さ)が230ピクセルになるように、また両目の瞳を結ぶ直線が水平になるように正規化した。

【0083】

男女の顔画像ごとに、属性値なし条件および属性値付加条件のそれぞれにおいてPCAによる次元圧縮を行った。

・属性値なし条件

従来手法の属性値なし条件では、顔情報(形状特徴ベクトルの変量)として、83点の特徴点の座標値のみを用いた。1枚の顔画像を166次元の形状特徴ベクトル F_N として表した。

【0084】

$F_N = (x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, \dots, x_{83}, y_{83})^T$

・属性値付加条件

属性値付加条件では、顔情報として(形状特徴ベクトルの変量)、83点の特徴点の座標値に加え、予備実験で得られた各顔画像の評定値の平均値を100倍した値を、見かけの年齢属性値 a として用いた。そして、1枚の顔画像を167次元の形状特徴ベクトル F_A として表した。

【0085】

$F_A = (x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, \dots, x_{83}, y_{83}, a)^T$

得られた主成分ごとの固有値から、その主成分の変化量を決定し、主成分ごとに形状特徴ベクトルを再構成後、視覚的にその差を比較した。

【0086】

2-3. 結果

男女それぞれの顔画像について、属性値なし条件および属性値付加条件から得られた各主成分における主成分得点を分析した。もし、主成分が年齢変化に強く関与しているのであれば、顔画像を年齢順に並べたとき、主成分上の各顔画像の主成分得点は昇順あるいは降順に並んでいるはずである。そこで、男女の顔画像での各条件で得られた主成分のうち第1主成分から第3主成分までの主成分得点をプロットした。

【0087】

図6(a)は男性の顔画像において属性値なし条件で得られた上位主成分の主成分得点を示す図、図6(b)は女性の顔画像において属性値なし条件で得られた上位主

(9)

特開2004-102359

16

成分の主成分得点を示す図である。また、図7(a)は男性の顔画像において属性値付加条件で得られた上位主成分の主成分得点を示す図、図7(b)は女性の顔画像において属性値付加条件で得られた上位主成分の主成分得点を示す図である。図6および図7の横軸は見かけの年齢(評定値)の高い順に並べた顔画像を示し、縦軸は主成分得点(PC score)を示す。四角印は第1主成分の主成分得点を示し、丸印は第2主成分の主成分得点を示し、三角印は第3主成分の主成分得点を示す。

10 【0088】

図6(a), (b)に示すように、属性値なし条件では、男性の顔画像および女性の顔画像とも、年齢順に並べられた顔画像の主成分得点がほぼ昇順あるいは降順に並ぶ主成分を見つけることができなかった。

【0089】

図7(a), (b)に示すように、属性値付加条件では、男性の顔画像および女性の顔画像とも、第1主成分の主成分得点がほぼ順に並んだ形で示された。

【0090】

20 これらの結果から、属性値付加条件で得られた第1主成分が顔画像の見かけの年齢に影響を与える特徴と密接に関係していることがわかった。

【0091】

次に、各主成分がどのような形状変化に関わっているのかを視覚的に確認するために、確認する主成分の固有値から得られた変化範囲を用いて、それぞれ顔パーツの特徴点の座標を再構成した。以下に示すように、属性値付加条件での主成分の顔形状への影響を調べた。

【0092】

30 図8、図9、図10および図11は男性の顔画像において属性値付加条件で得られた第1主成分、第2主成分、第3主成分および第4主成分をそれぞれ用いて再構成した顔形状を示す図である。また、図12、図13、図14および図15は女性の顔画像において属性値付加条件で得られた第1主成分、第2主成分、第3主成分および第4主成分をそれぞれ用いて再構成した顔形状を示す図である。図8~図11において、(a)および(b)は見かけの年齢が両極端の顔形状を示している。

【0093】

40 再構成した顔画像から各主成分の2枚の顔形状を比較した。各主成分が形状的な特徴の変化とどのように関係しているかを、主観的な印象として挙げると次のようになる。男性の顔画像について属性値付加条件で得られた第1主成分では、眉の内側が上下に変化、外側は内側とは逆向きに上下に変化する。鼻と口は上下に変化し、口の幅は若干狭まったり、広がったり、そしてあごがやや大きくなったり、小さくなったりする。第2主成分では、頬が拡大縮小し、眉の外側が水平方向へ変化し(眉の大きさが変わる)、両目の間隔もやや広くなったり、狭くなったりし、そして、鼻、口およびあごが大きく上下に

変化する。第3主成分では、眉の内側が上下に変化し、外側は若干水平方向に変化する。鼻と口は大きく上下に変化し、あごは四角くややえらの張ったような形や、少し小さく、とがった形に変化する。第4主成分では、額の大きさが急激に変化し、眉の内側が大きく上下に変化する。そして、鼻および口の左側が若干水平方向に変化し、あごの左側がごくわずかに変化する。

【0094】

一方、属性値なし条件では、第1主成分は属性値付加条件の第2主成分とほぼ同じ変化を示し、第2主成分は属性値付加条件の第3主成分とほぼ同じ変化を示した。以降の主成分についても同様であった。

【0095】

女性の顔画像について属性値付加条件で得られた第1主成分では、口が上下に変化し、幅が広くなったり狭くなったりする。そして、あごがやや大きくなったり、小さくなったりする。第2主成分では、男性の顔画像について属性値付加条件で得られた第2主成分とほぼ同様であった。第3主成分では、額が拡大縮小し、眉の内側は若干上下に変化し、そして鼻と口は若干左側で水平方向に変化し、あごはややえらの張ったような形や、少し小さく、とがった形になる。第4主成分では、顔輪郭、鼻、口が若干右側で変化する。そして、顔輪郭については横幅が変化する。

【0096】

一方、属性値なし条件では、男性の顔画像と同様に、第1主成分は属性値付加条件の第2主成分とほぼ同じ変化を示し、第2主成分は属性値付加条件の第3主成分とほぼ同じ変化を示した。以降の主成分についても同様であった。

【0097】

2-3. 考察

各主成分における主成分得点の分布から見ると、属性値なし条件と、属性値付加条件の第2主成分以降では、顔画像を見かけの年齢順に並べたときに、主成分得点が全く昇順あるいは降順になっていなかったことから、これらの主成分は見かけの年齢に影響を与える特徴と密接に関係しているとは言えない。一方、属性値付加条件の第1主成分では、見かけの年齢順に顔画像を並べたとき、男女の顔画像とも、主成分得点はほぼ順に並んでいたこと、さらには年齢知覚実験（年齢評定実験）で得られたデータ（評定値）の分布と第1主成分のデータ（主成分得点）の分布はよく似た分布を示していることから、属性値付加条件で得られた第1主成分は、見かけの年齢に影響を与える形状特徴と密接に関係していると言える。

【0098】

各主成分の主成分得点の値を変え、顔パーツの特徴点座標に再構成させた特徴点の座標の変化についても、属性値付加条件の第1主成分は、解剖学的な知見による青年期の加齢変化とほぼ合っているように見える。

【0099】

本発明に係る画像処理方法では、顔の形状情報である特徴点の座標値だけでなく、直接顔画像の構成には関係のない見かけの年齢という属性値を加えてPCAを行うことにより、第1主成分の主成分得点が定量的にも年齢変化との関係を示していること、第1主成分から再構成した顔形状において定性的にも妥当な変形を観察できたことから、見かけの年齢に密接に関係する形状特徴を得られることを示している。

10 【0100】

3-1. 個人の顔画像へのマッピング

年齢特徴抽出実験により得られた見かけの年齢特徴を個人の顔画像へマッピングした。

【0101】

図16～図19は4人のオリジナルの顔画像に年齢形状特徴をマッピングすることにより年齢の異なる顔画像を合成した結果を示す図である。各図において、3枚の顔画像のうち、中央がオリジナル顔画像、左側が若く見えるように合成した顔画像、右側が老けて見えるように合成した画像である。合成割合は、いずれも年齢特徴抽出実験の属性値付加条件の第1主成分の変化量の±50%とした。

【0102】

合成の手順は次の通りである。個人のオリジナル顔画像から、FUTONで用いる83点の特徴点を取得し、オリジナル顔画像の形状特徴ベクトル F^1 を特徴点の座標値を用いて、166次元のベクトル F^1 とする。

$$F^1 = (x_1, y_1, x_2, x_3, \dots, x_{166}, y_{166})^T \quad \dots (11)$$

30 オリジナル顔画像の形状特徴ベクトル F^1 と、見かけの年齢特徴ベクトル F の各要素に合成割合0.5を乗じた修正ベクトル F' を加算あるいは減算し、年齢特徴をマッピングした顔形状ベクトル F^S を作成した。

【0103】

$$F' = (0.5x_1, 0.5y_1, 0.5x_2, 0.5y_2, \dots, 0.5x_{83}, 0.5y_{83})^T \quad \dots (12)$$

$$F^S = F^1 \pm F' \quad \dots (13)$$

そして、顔形状が F^1 から F^S へと変化する形状モーフィング（顔合成技術）をFUTONで行った。

40 【0104】

ここで、抽出した見かけの年齢特徴は形状のみであったため、顔形状のみの合成となった。合成結果は、「オリジナル顔画像の人物が若く見られるならばこんな感じ」、「老けて見られるならばこんな感じ」という印象の顔画像となった。

【0105】

50 以上のように、上記実施例では、顔画像の形状特徴ベクトルに画像とは直接関係のない見かけの年齢という属性値を変数として加え、PCAを行うことにより、見かけの年齢変化に密接に関与する形状特徴を抽出することが

19

可能であることが示された。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施の形態における画像処理方法を実施するための画像処理装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 図1の画像処理装置において実行される画像処理プログラムの処理を示すフローチャートである。

【図3】 図1の画像処理装置において実行される画像処理プログラムの処理を示すフローチャートである。

【図4】 顔画像ごとの評定値の平均を降順に並び替えてプロットした図である

【図5】 形状特徴ベクトルの変量として用いた特徴点を示す図である。

【図6】 男性および女性の顔画像において属性値なし条件で得られた上位主成分の主成分得点を示す図である。

【図7】 男性および女性の顔画像において属性値付加条件で得られた上位主成分の主成分得点を示す図である。

【図8】 男性の顔画像において属性付加条件で得られた第1主成分をそれぞれ用いて再構成した顔形状を示す図である。

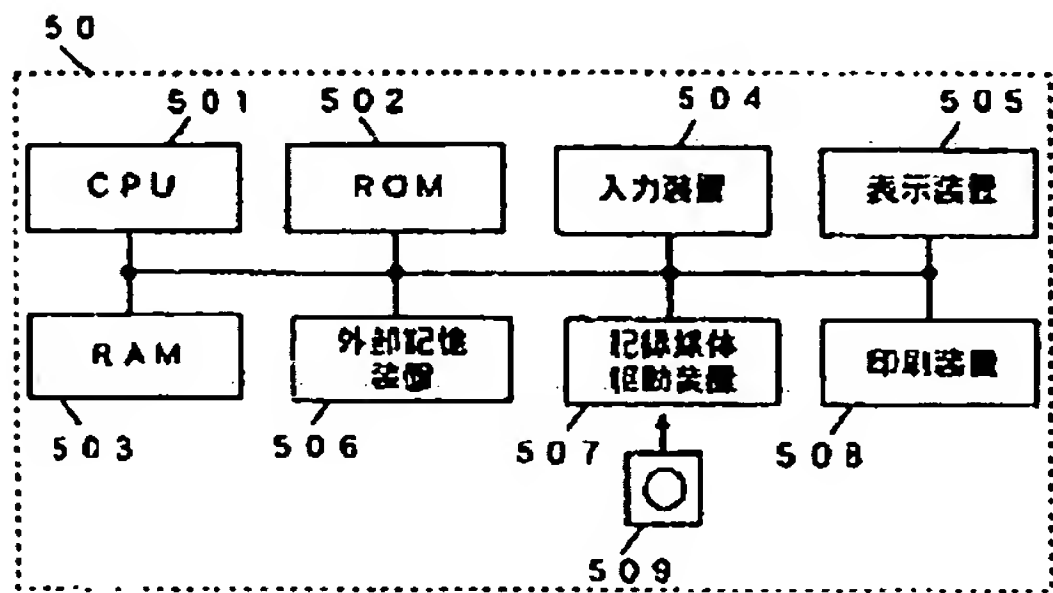
【図9】 男性の顔画像において属性付加条件で得られた第2主成分をそれぞれ用いて再構成した顔形状を示す図である。

【図10】 男性の顔画像において属性付加条件で得られた第3主成分をそれぞれ用いて再構成した顔形状を示す図である。

【図11】 男性の顔画像において属性付加条件で得られた第4主成分をそれぞれ用いて再構成した顔形状を示す図である。

【図12】 女性の顔画像において属性付加条件で得られた第1主成分をそれぞれ用いて再構成した顔形状を示す図である。

【図1】



(11)

特開2004-102359
20

【図13】 女性の顔画像において属性付加条件で得られた第2主成分をそれぞれ用いて再構成した顔形状を示す図である。

【図14】 女性の顔画像において属性付加条件で得られた第3主成分をそれぞれ用いて再構成した顔形状を示す図である。

【図15】 女性の顔画像において属性付加条件で得られた第4主成分をそれぞれ用いて再構成した顔形状を示す図である。

【図16】 オリジナルの顔画像に年齢形状特徴をマッピングすることにより年齢の異なる顔画像を合成した結果を示す図である。

【図17】 オリジナルの顔画像に年齢形状特徴をマッピングすることにより年齢の異なる顔画像を合成した結果を示す図である。

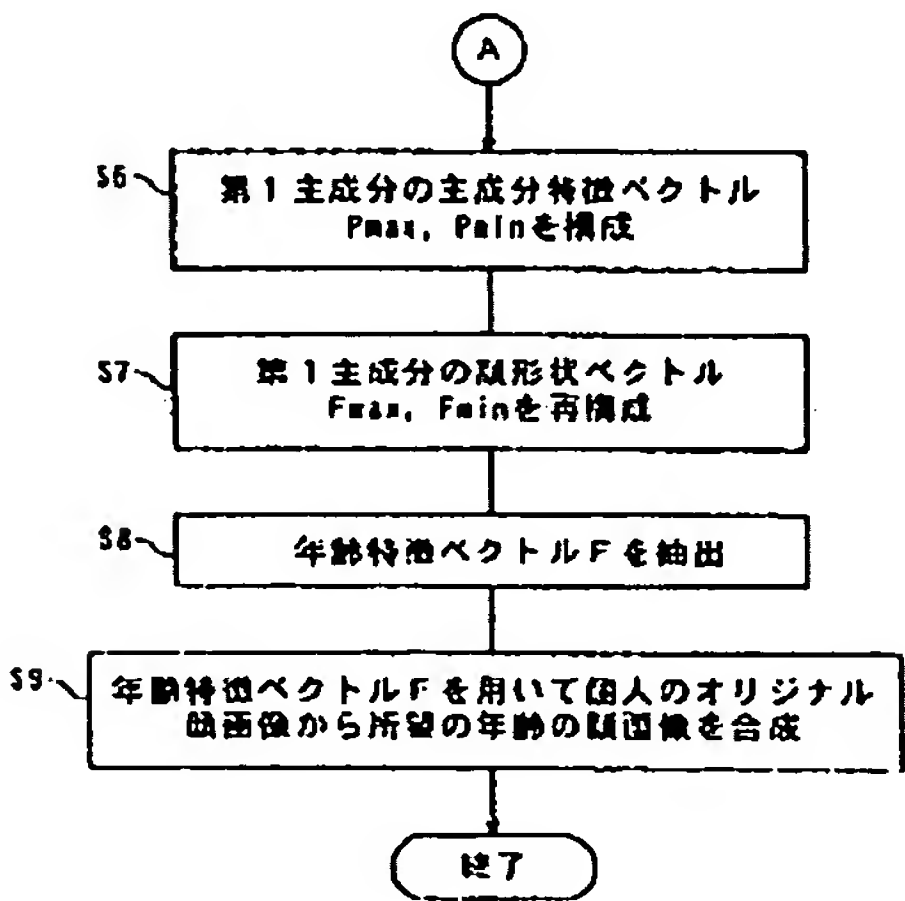
【図18】 オリジナルの顔画像に年齢形状特徴をマッピングすることにより年齢の異なる顔画像を合成した結果を示す図である。

【図19】 オリジナルの顔画像に年齢形状特徴をマッピングすることにより年齢の異なる顔画像を合成した結果を示す図である。

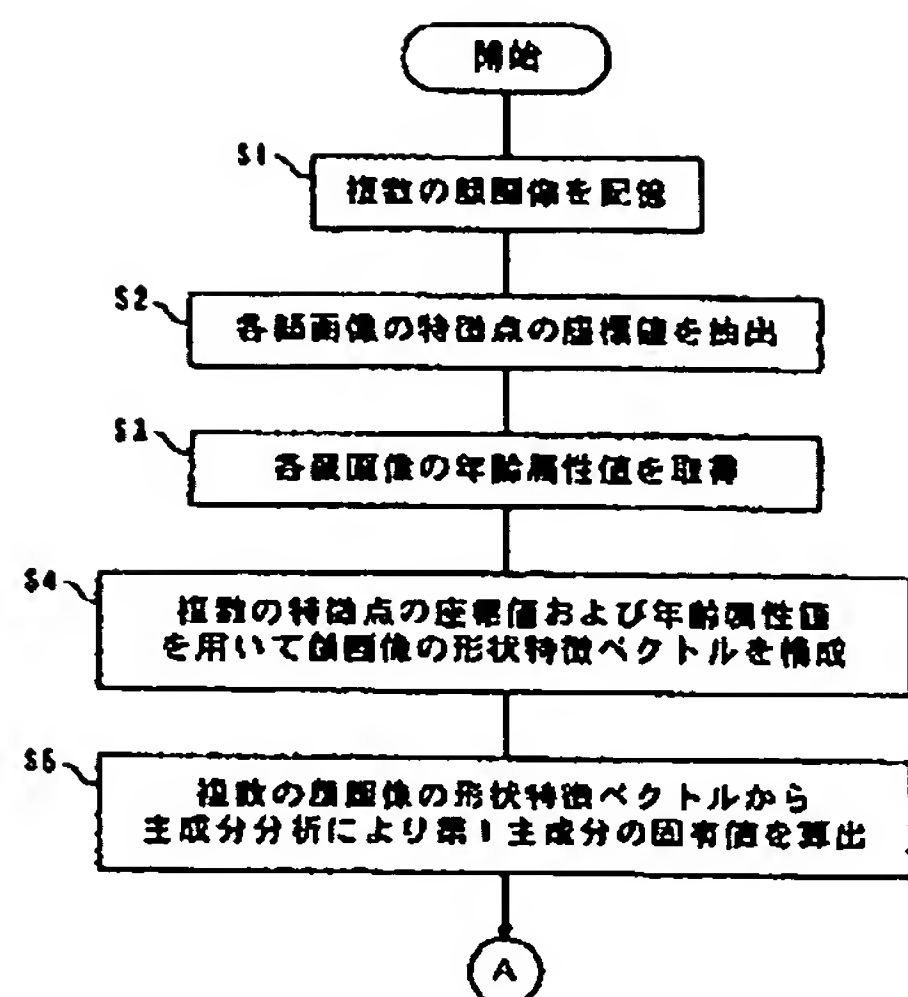
【符号の説明】

50 画像処理装置
501 CPU
502 ROM
503 RAM
504 入力装置
505 表示装置
506 外部記憶装置
507 記録媒体駆動装置
508 印刷装置
509 記録媒体

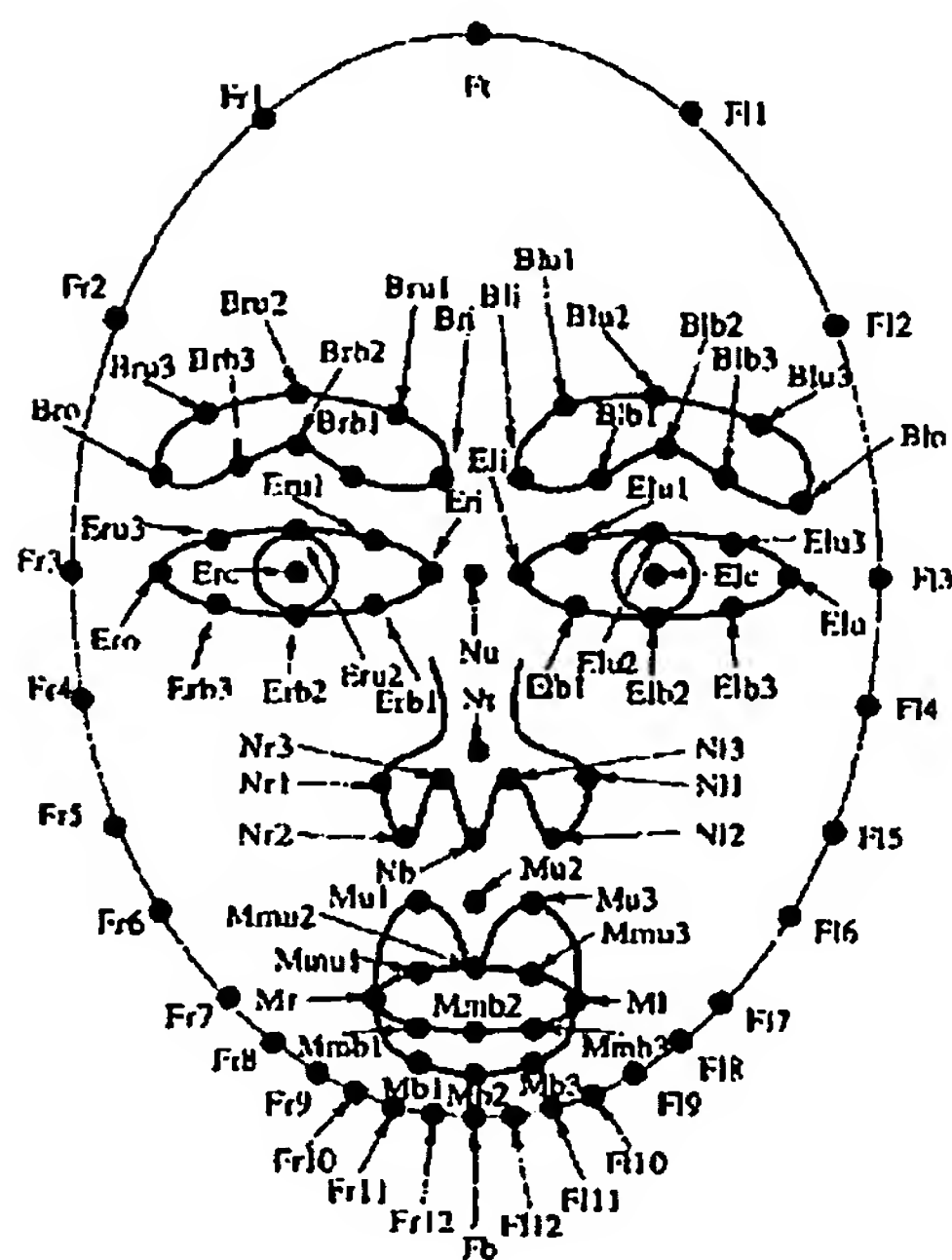
【図3】



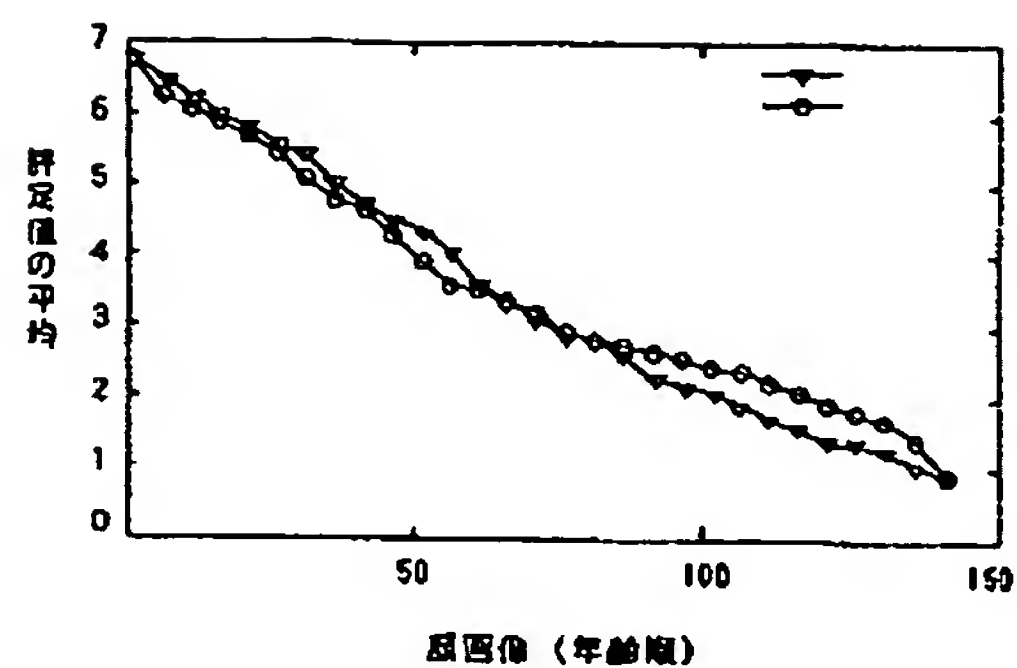
【図2】



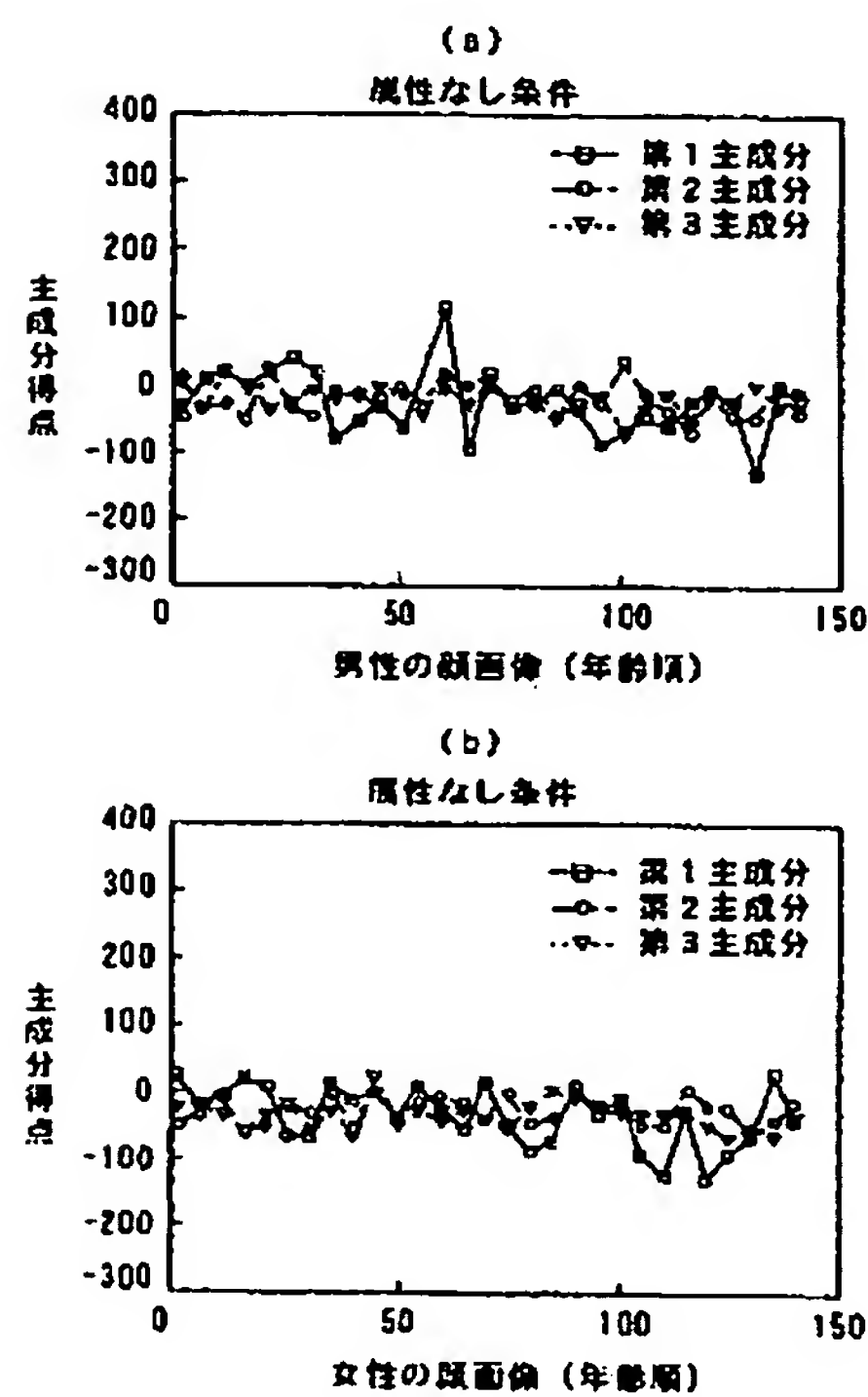
【図5】



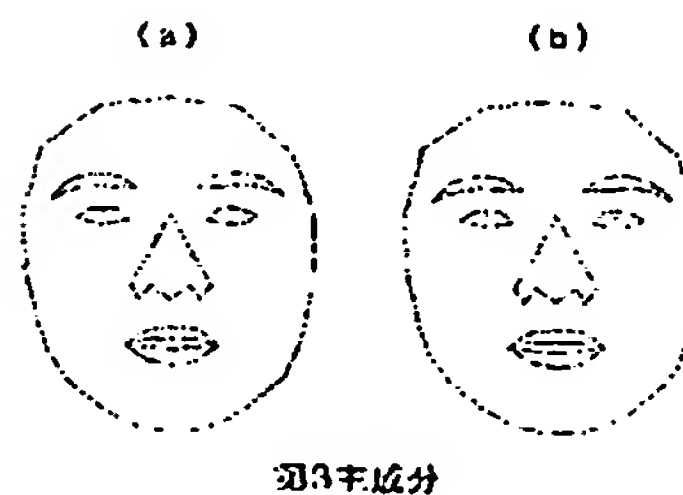
【図4】



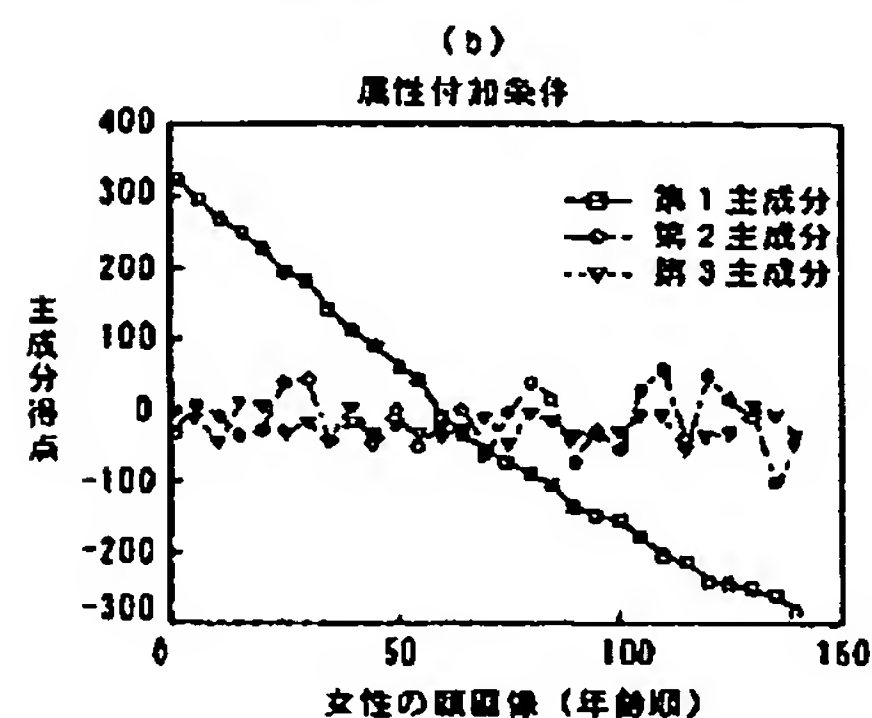
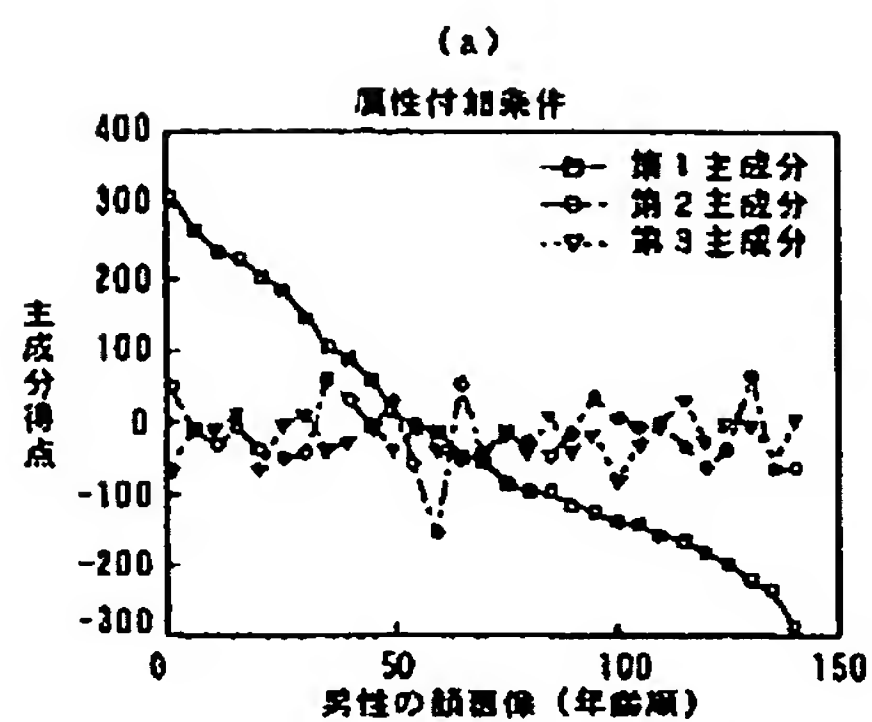
【図6】



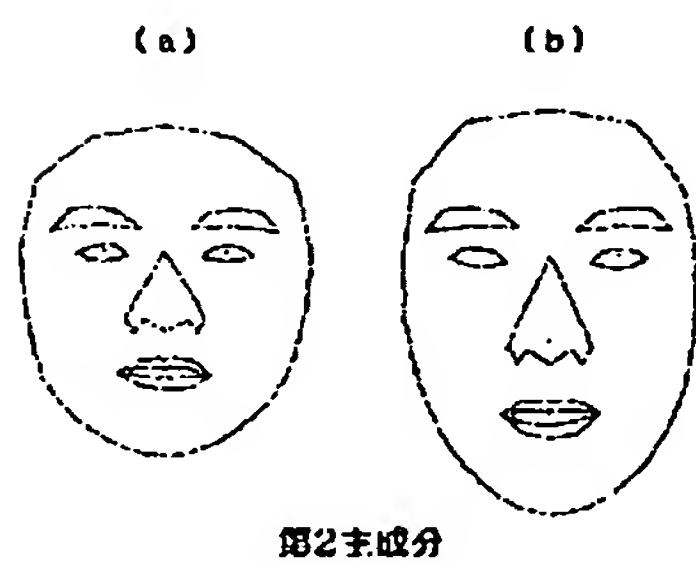
【図 14】



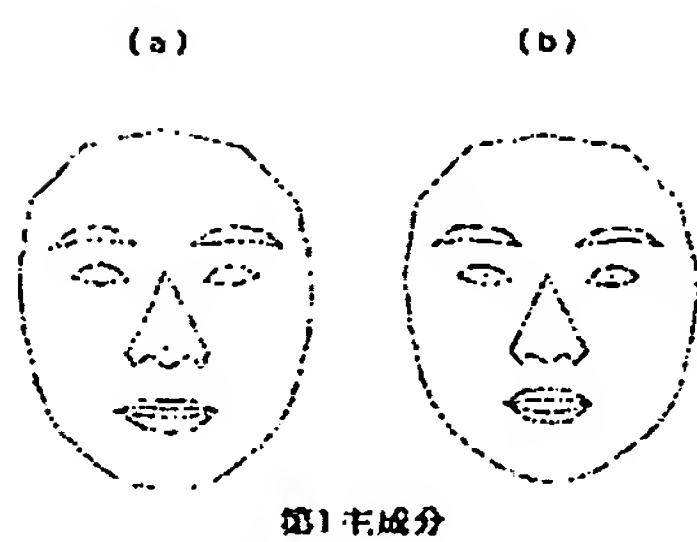
【図7】



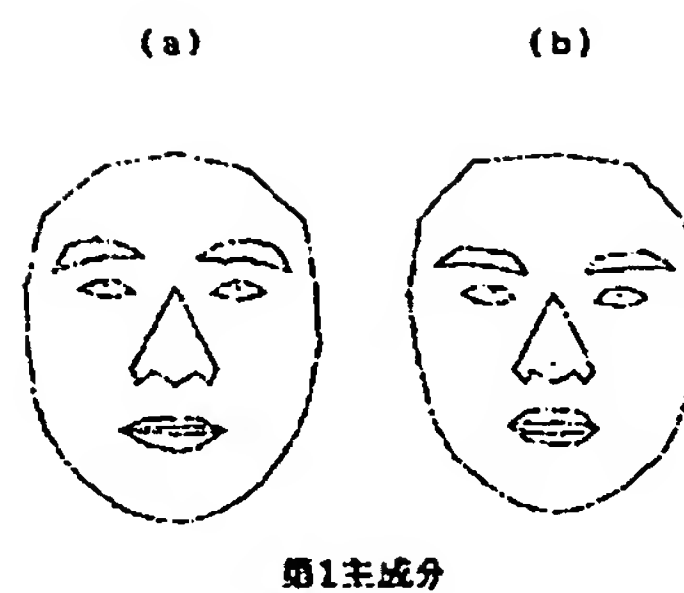
【図9】



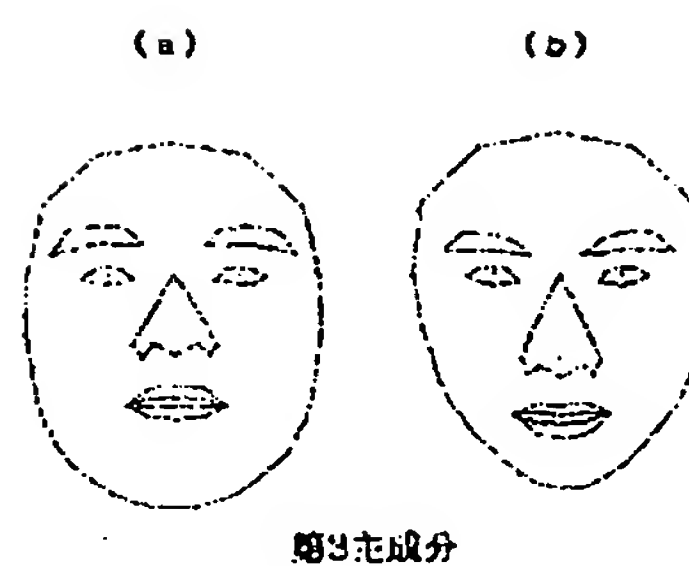
【図12】



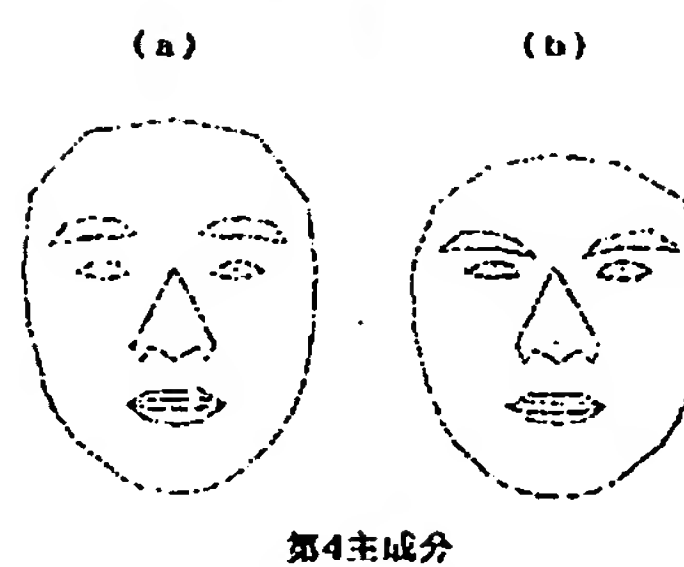
【図8】



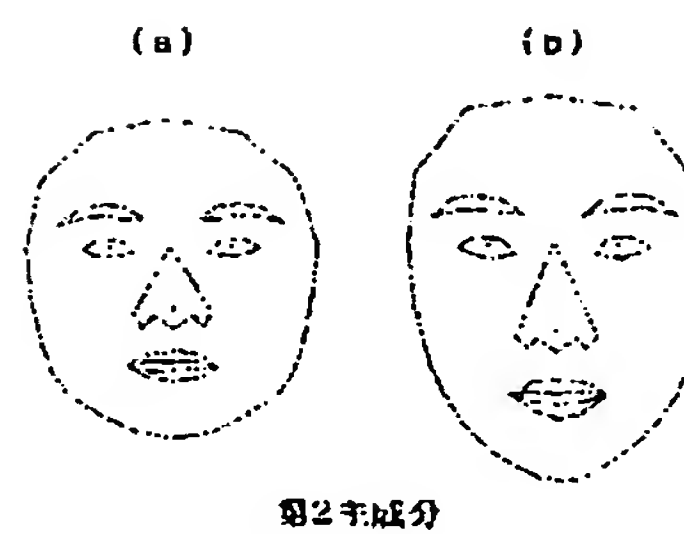
【図10】



【図11】



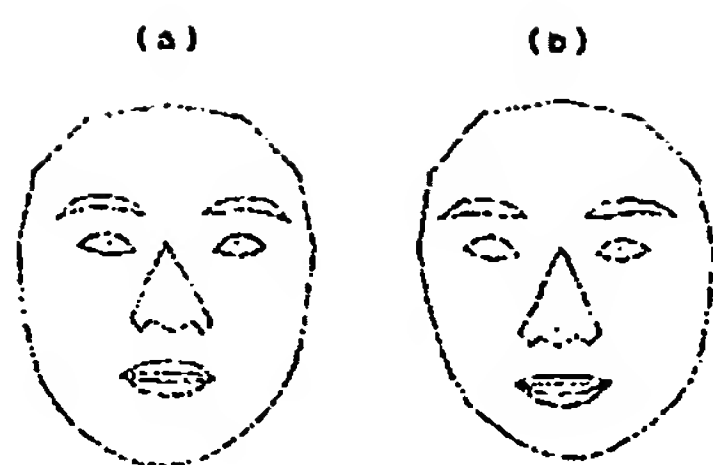
【図13】



(14)

特開2004-102359

【図15】



第4主成分

【図17】



【図16】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 千原 國宏
奈良県生駒市高山町8916-5 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
Fターム(参考) 5B057 AA20 CA12 CB12 CE08 CH01 CH12 DA16 DC05 DC09
5L096 BA20 FA09 JA11 LA05 MA03

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.